

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

INCIDENCIA DEL RAJADO DE LA MANDARINA ‘NOVA’ (*Citrus reticulata*
Blanco X [*Citrus Paradisi* Macf. X *Citrus Tangerina* Hort. ex. Tan.]), EN FUNCIÓN
DEL RÉGIMEN HÍDRICO DEL SUELO PARA LAS CONDICIONES DEL NORTE
Y DEL SUR DEL URUGUAY

por

Gerónimo FERNÁNDEZ VELAZCO

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO

URUGUAY

2016

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. Dra. Giuliana Gambetta

Ing. Agr. M Sc Alfredo Gravina

Ing. Agr. Ana Paula Mauttone

Fecha: 29 de junio de 2016

Autor: _____

Gerónimo Fernández Velazco

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mis hermanos por el apoyo brindado durante toda la carrera

A mis amigos y a mi novia los cuales siempre estuvieron a mi lado

A Giuliana, Alfredo, Ana Paula, Natalia y Florencia por ayudarme en este trabajo en todo momento.

A los encargados de ambos establecimientos, Carlos Gabrielli y Martín Lanfranco que me permitieron realizar todas las evaluaciones en cualquier momento y me brindaron toda la información necesaria.

A los docentes de las cátedras de hidrología, edafología y al departamento de biometría, estadística y computación, en especial a los docentes Lucía Puppo, Leticia Martínez y Oscar Bentancur por su colaboración.

Al personal de biblioteca, en especial a Sully Toledo por todas las correcciones realizadas

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 ASPECTOS GENERALES.....	3
2.1.1 <u>Origen de los cítricos</u>	3
2.1.2 <u>Taxonomía</u>	3
2.1.3 <u>Citricultura en el mundo</u>	3
2.1.4 <u>Citricultura en el Uruguay</u>	4
2.1.5 <u>Híbridos</u>	5
2.1.5.1 Variedad ‘Nova’	5
2.2 ADAPTACIÓN ECOLÓGICA	7
2.2.1 <u>Tipos de suelos</u>	7
2.3 EL FRUTO CÍTRICO	9
2.3.1 <u>Anatomía del fruto cítrico</u>	9
2.3.2 <u>Crecimiento y desarrollo del fruto cítrico</u>	10
2.4 DESÓRDENES FISIOLÓGICOS.....	11
2.5 RAJADO DE LOS FRUTOS	12
2.5.1 <u>Factores ambientales</u>	14
2.5.1.1 Temperatura.....	14
2.5.1.2 Régimen hídrico	15
2.5.1.3 Nutrientes minerales.....	15
2.5.2 <u>Factores internos</u>	15

2.5.2.1	Factores anatómicos	16
2.5.2.2	Competencia entre frutos y tamaño final	17
2.5.2.3	Forma del fruto	18
2.5.2.4	Grosor de la corteza.....	19
2.5.3	<u>Control del rajado</u>	19
2.5.3.1	Control nutricional y hormonal	19
2.5.3.2	Control mediante el suministro de agua	23
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	24
3.1	INSTALACIÓN DE EXPERIMENTOS	24
3.2	ACTIVIDADES DE CAMPO Y LABORATORIO	26
3.2.1	<u>Evolución de la incidencia y severidad del rajado de frutos</u>	26
3.2.2	<u>Caracterización del suelo y contenido hídrico</u>	27
3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	32
4.1	EVOLUCIÓN DE LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL RAJADO DE FRUTOS.....	32
4.2	RELACIÓN ENTRE EL RAJADO Y CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS.....	37
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	42
6.	<u>RESUMEN</u>	43
7.	<u>SUMMARY</u>	44
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	45
9.	<u>ANEXOS</u>	52

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Análisis de contenido de materia orgánica y textura del suelo en Salto y San José.....	28
2. Número de frutos por árbol (número de frutos cosechados + número de frutos rajados), número de frutos rajados y porcentaje de frutos rajados en Salto y San José.....	32
3. Número de frutos rajados y distribución porcentual por fecha de muestreo en Salto y San José, y comparación entre localidades.	34
4. Comparación entre ambas localidades de las características externas de los frutos que pueden incidir en el rajado. Datos calculados a partir de un total de 50 frutos por repetición en cada localidad en el momento de la cosecha. Se presenta además la relación de diámetros que es comparada con la relación calculada en la primera fecha de muestreo en febrero.	36
5. Comparación entre el número de frutos rajados por árbol y la disponibilidad hídrica del suelo por fecha y por localidad. Valores en porcentaje indican el total de frutos rajados distribuido por fecha de muestreo.	40
Figura No.	
1. A. Secciones ecuatorial (izquierda) y polar (derecha) de un fruto maduro de naranjo dulce Blanca común (Citrus sinensis L. Osb.). B. Sección ecuatorial de un fruto maduro de naranjo dulce Navelina (Citrus sinensis L. Osb.) en donde puede observarse el fruto secundario o ‘navel’ en su extremo estilar.....	10
2. Fases del desarrollo de un fruto cítrico	11
3. (A) Ubicación de la quinta en la zona de Colonia 18 de julio, Salto. (B) ampliación del establecimiento y ubicación de la parcela utilizada (X).....	24
4. (A) Ubicación de la quinta en la zona de Libertad, San José. (B) ampliación de la parcela utilizada (X) y variedades limítrofes.....	25
5. Fotos de árboles seleccionados. A: en Salto. B: en San José.....	25
6. Rajado polar de frutos de mandarina ‘Nova’. Escala de severidad: A. Rajado inicial o estrella en la zona peduncular. B. Rajado medio,	

hasta un 25% de la circunferencia polar del fruto rajado. C. Rajado severo, entre un 25% y un 50% de la circunferencia rajada. D. Rajado total, más del 50% de la circunferencia rajada.	26
7. Rajado ecuatorial de frutos de mandarina ‘Nova’. Escala de severidad: A. Rajado medio, hasta un 25% de la circunferencia ecuatorial del fruto rajada. B. Rajado severo, entre un 25% y un 50% de la circunferencia rajada. C. Rajado total, más del 50% de la circunferencia rajada.	27
8. Perfiles de suelo. A: Salto, B: San José.	28
9. Foto de la zona donde se realizaron los estudios de contenido de agua a capacidad de campo (CC) y a punto de marchitez permanente (PMP) y densidad aparente (Dap), parcela de Salto.	29
10. Evolución del número de frutos rajados, promedio por árbol, en Salto, por fecha de muestreo y acumulado, desde febrero hasta mayo (cosecha). Los valores en porcentaje equivalen a los frutos rajados respecto al total de frutos por árbol (frutos cosechados más frutos rajados).....	32
11. Evolución del número de frutos rajados promedio por árbol, en San José, por fecha de muestreo y acumulado, desde febrero a cosecha. Valores en porcentaje equivalen a los frutos rajados respecto al total de frutos por árbol (frutos cosechados más frutos rajados).	33
12. A. Rajado con presencia del estilo. B. Rajado con el extremo estilar cerrado. C. Rajado con el extremo estilar abierto y presencia de segundo fruto en crecimiento.	35
13. Evolución de la relación de diámetros ecuatorial/polar de frutos rajados en todas las fechas de muestreo, por localidad. En la segunda y cuarta fecha no se calibraron frutos en Salto mientras que en la última fecha en esta localidad ya se había cosechado.....	37
14. Balance Hídrico de Salto y Comparación con la incidencia de rajado. Área celeste: agua neta en el suelo (= mm netos fecha anterior – ETP + precipitaciones + riego); barras azules: precipitaciones diarias registradas en el establecimiento; línea verde punteada: nivel mínimo de agua fácilmente disponible por debajo de la cual se presentaría un estrés hídrico; Barras rojas: número de frutos rajados por árbol por fecha de muestreo.....	38
15. Balance Hídrico de San José y Comparación con la incidencia de rajado. Área celeste: agua neta en el suelo (= mm netos fecha	

<p>anterior – ETP + precipitaciones + riego); barras azules: precipitaciones diarias registradas en el establecimiento; línea verde punteada: nivel mínimo de agua fácilmente disponible por debajo de la cual se presentaría un estrés hídrico; Barras rojas: número de frutos rajados por árbol por fecha de muestreo.</p>	39
<p>16. Temperaturas mínimas, máximas y medias, registradas entre los meses de junio de 2015 y mayo de 2016, correspondientes a las estaciones experimentales de INIA Salto Grande y Las Brujas por ser las más cercana a los establecimientos donde se realizó el estudio (Salto y San José respectivamente).....</p>	41

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de cítricos se ha incrementado notablemente en los últimos años. El consumo, sin embargo, ha crecido a un ritmo mucho más lento e incluso en algunos países se ha estancado, lo que ha conducido a una situación de sobreproducción para algunas variedades en determinadas épocas del año. Esto ha aumentado el nivel de competencia comercial, lo que unido al incremento del nivel de vida, ha hecho que los mercados consumidores sean cada vez más exigentes en la calidad del fruto (Almela y Agustí, 1992).

Los cítricos llegan a la Banda Oriental del Rio Uruguay a través de los portugueses que, desde la fundación de Colonia del Sacramento en 1680, plantaron árboles de naranja en la Plaza principal, de los cuales todavía se reproducen descendientes (Supervielle, 2004). Los primeros cultivos comerciales se ubicarían a comienzos del siglo XVIII junto con los portugueses, los jesuitas y los españoles quienes fueron los primeros pobladores de la región, destacándose posteriormente tres regiones donde se inició la citricultura en el Uruguay: Montevideo, Melo-Rivera y Salto (Ortiz de Taranco, 2001). A partir de la década del 60', del siglo XX, con la llegada de inversores extranjeros se empieza a perfilar el rubro como un proyecto de exportación de fruta fresca teniendo en cuenta la ventaja comparativa que el país tiene al producir en contra estación del hemisferio norte, pudiendo colocar su producción en estos mercados en la época de mayor demanda (Vasallo et al., 2011). Esta es la tendencia actual de la producción exportándose el año 2014, el 41,76% de la producción (MGAP. DIEA, 2016).

Actualmente la producción abarca una superficie efectiva de 15.340 hectáreas distribuidas en dos zonas principales, la zona norte que produce el 88% y la zona sur con el 12%. La especie más plantada es naranja con un 52 %, mientras que le sigue mandarina con 36,5%, limón con 11% y pomelo con el 0,5% restante (MGAP. DIEA, 2016).

Dentro de las mandarinas e híbridos, 'Nova', híbrido de mandarina 'Dancy' y tangelo 'Orlando', ha sido uno de los cultivares cítricos de mayor incremento en superficie plantada y producción en las últimas décadas en el Uruguay, siendo superada únicamente por el grupo de las Satsumas (MGAP. DIEA, 2015).

Junto con la competitividad intersectorial que se ha dado en los últimos años, la producción citrícola ha tendido a concentrarse en pocos productores o empresas que abarcan una gran superficie productiva, incrementando los niveles de integración vertical y llevando a la disminución de pequeños productores familiares. Dado el aumento del precio de la tierra y de los costos de producción, otra de las tendencias es la intensificación, aumentando la densidad de plantación e introduciendo nuevas tecnologías de producción (Vasallo et al., 2011).

Para mantener la competitividad a nivel mundial, el sector ha realizado diferentes innovaciones como la aplicación de riego (54% de la superficie regada en 2014, MGAP. DIEA, 2016), el desarrollo de la logística de exportación, la búsqueda nacional mediante selección y/o mejoramiento de nuevos cultivares, o la introducción de cultivares de elite probados a nivel mundial y muy aceptados por los mercados consumidores de nuestra producción por tener una excelente calidad (Vasallo et al., 2011).

Dentro del concepto de calidad, en mandarina se destaca un fruto de buen tamaño, color, forma, facilidad de pelado, piel fina, lisa y brillante, con bajo o nulo número de semillas, elevado porcentaje de jugo y ratio azúcares: acidez adecuado.

Son diversas las causas responsables de las alteraciones fisiológicas, siendo las más importantes las relacionadas con factores climáticos (temperatura, viento, lluvia, granizo), intercambios gaseosos, tipo de suelo, localización del campo (latitud y altitud) y la polución atmosférica. Otras, como salinidad, sequía, luminosidad, etc., son consecuencia de las anteriores (Agustí et al., 2004).

Este tipo de desórdenes afectan principalmente al desarrollo de la corteza y se han relacionado frecuentemente con las relaciones hídricas del fruto con la atmósfera y con el propio árbol. Cambios en la absorción y pérdida de agua pueden ser responsables de muchos de ellos. Los relacionados con la absorción de agua (rajado, clareta, bufado) se encuentran bajo control hormonal, pero aquellos cuya causa es la pérdida de agua (picado, colapso de la corteza, granulación) son de difícil control; los que son consecuencia de la pérdida de agua por reclamo del propio árbol o hacia la atmósfera (manchas, heridas), al mismo tiempo, pueden ser prevenidos hormonalmente (Agustí et al., 2004).

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Evaluar la incidencia del rajado de frutos de mandarina Nova en dos condiciones edafo-climáticas.
- Determinar si existe una relación entre el rajado de frutos y la disponibilidad hídrica del suelo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS GENERALES

2.1.1 Origen de los cítricos

Las numerosas especies del género *Citrus* provienen de las zonas tropicales y subtropicales de Asia y del archipiélago malayo; desde allí se distribuyeron a las otras regiones del mundo donde hoy se cultivan cítricos. El área comúnmente asociada a su origen está ubicada en el sudeste de Asia, incluyendo el este de Arabia, este de Filipinas y desde el Himalaya al sur hasta Indonesia. Dentro de esta gran región, el noreste de India y norte de Burma, serían las regiones más importantes, debido a la diversidad de especies encontradas recientemente en la provincia de Yunnan (centro-sur de China), aunque aún el centro de origen no está claro. El área de origen de las mandarinas (*C. reticulata* Blanco) probablemente esté ubicada en la región de Indochina y sur de China (INTA 1996, Spiegel-Roy y Goldschmidt 1996, Ortiz de Taranco 2001, Agustí 2003a)

2.1.2 Taxonomía

Los cítricos cultivados pertenecen botánicamente al orden de las Geraniales, familia Rutaceae, subfamilia Aurantioidea. Esta se encuentra dentro de la división *Embriophyta Siphonogama*, subdivisión *Angiospermae*, clase *Dicotyledonae*, subclase *Rosidae*, superorden *Rutanae*, orden *Rutales*. A los cuales pertenecen los géneros *Citrus*, *Fortunella* y *Poncirus* los que, comúnmente, se denominan con el término genérico de *Citrus* (género más importante) (INTA 1996, Spiegel-Roy y Goldschmidt 1996, Agustí 2003a).

La subfamilia se caracteriza por poseer frutos de tipo baya llamados hesperidios, semillas sin endosperma y con uno o más embriones nucelares (apomícticos). Dentro del género *Citrus* hay tres grupos que dan origen a toda la diversidad, que son el grupo *C. medica*, *C. reticulata* y *C. maxima* (INTA 1996, Spiegel-Roy y Goldschmidt 1996, Agustí 2003a) aunque recientemente, mediante análisis genómicos se ha determinado que, si bien estos son los tres grupos originales, las mandarinas que hoy conocemos surgen de una hibridación natural en las primeras etapas de la domesticación o anteriormente, entre *C. reticulata* y *C. maxima* no encontrándose al día de hoy un genoma puro de *C. reticulata* (Wu et al., 2014).

2.1.3 Citricultura en el mundo

Los frutos cítricos son producidos bajo diferentes condiciones climáticas y agronómicas en más de 80 países en todo el mundo, comprendidos entre los paralelos 44° N (Japón, Francia) y 41° S (Nueva Zelanda), con las mayorías de las plantaciones comerciales ubicadas en zonas subtropicales entre los 20° y los 40° de los hemisferios norte y sur (Spiegel-Roy y Goldschmidt 1996, Agustí 2003a, FAO. FAOSTAT 2012).

La producción global de cítricos, supera a la de otros frutales como uva de mesa y para vino, banana o manzana (Agustí, 2003a), alcanzando los 115 millones de toneladas para el año 2010/2011. Las naranjas son los cítricos más importantes, con una proporción de la producción total de más del 61%, siguiéndole las mandarinas con un 22%, los limones y las limas con un 11% y los pomelos con un 6% (FAO. FAOSTAT, 2012).

Dentro de las principales zonas productoras, en el hemisferio norte se destacan:

- La región Mediterránea, que produce alrededor del 19% del total mundial de los cítricos y es la abastecedora de todo el mercado europeo, donde se concentra la mayor demanda de fruta fresca.
- América del Norte, con el 15% de la producción, destacándose Florida y California en Estados Unidos, que exportan principalmente a la Unión Europea, y Canadá.
- La región asiática, con India, Japón y principalmente China que ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, produciendo el 20% de la producción mundial, destinando la mayor parte al mercado interno, aunque, con su gran producción, repercuten en los mercados internacionales.
- América Central, donde el cultivo de cítricos registró un importante desarrollo durante los últimos años con Cuba y Costa Rica como principales referentes.

En el hemisferio Sur son tres las principales zonas productoras:

- América del Sur, llegando al 24%, donde Brasil y Argentina, son los principales productores.
- Oceanía, con Australia como principal productor.
- África, donde se destaca Sudáfrica (FAO. FAOSTAT, 2012).

2.1.4 Citricultura en el Uruguay

La citricultura uruguaya tiene un peso relativamente poco importante a nivel mundial contribuyendo con apenas el 0,22% de esta producción. Sin embargo, por la calidad de los productos y la época (a contra estación de los principales países importadores) esta producción reviste interés. Actualmente el rubro abarca una superficie efectiva de 15.340 hectáreas, alcanzándose una producción de 287.341 t para la cosecha 2014, de los cuales el 52% corresponde a naranjas, el 36,5% a mandarinas, el 11% a limones y 0,5% a pomelos (MGAP. DIEA, 2016).

Se distinguen en el país dos grandes zonas donde se concentra la producción comercial, cada una con características diferentes en lo relativo a las condiciones agroecológicas, a la importancia del rubro y a la estructura de la producción. (I) La zona

norte con el 88% de la superficie total, e igual porcentaje de la producción nacional, abarca los departamentos de Salto, Paysandú y Río Negro, y concentra la producción de naranja (95% del total nacional), mandarina (90%) y pomelo (95%). (II) La zona sur con el 12% de la superficie total, abarca los departamentos de Montevideo, Canelones y San José, y concentra el 67% de la producción de limones (MGAP. DIEA, 2016).

Junto con la competitividad intersectorial, que se ha dado en los últimos años, la producción cítrica ha tendido a concentrarse en pocos productores o empresas que abarcan la mayor parte de la superficie productiva, incrementando los niveles de integración vertical y llevando a la disminución de pequeños productores familiares. Es así como tan solo 4 empresas, que tienen una escala mayor a 200.000 plantas, manejan el 56% de la superficie y aportan el 62% de la producción total. Dado el aumento del precio de la tierra y de los costos de producción, otra de las tendencias es a la intensificación, aumentando la densidad de plantación y la productividad por superficie. Para esto se han introducido nuevas tecnologías de producción en las que se incorporó el riego, abarcando actualmente el 54% de la superficie total, permitiendo obtener cosechas de mejor calidad y reducir el efecto negativo y los bajos rendimientos de los años con escasas precipitaciones. En nuestro país el uso del riego ha permitido duplicar los rendimientos en relación al secano, tanto para naranjas como para mandarinas (MGAP. DIEA, 2015).

Dentro de las mandarinas, el grupo de las Satsumas aporta el 26% de la producción total, seguida por la variedad 'Nova' que aporta el 18%, las Clementinas con el 10% y 'Ellendale' con el 7,3% (MGAP. DIEA, 2015).

2.1.5 Híbridos

La hibridación natural es una característica común dentro de la subfamilia *Aurantioidea*, que ha creado un interesante grupo de plantas con frecuente existencia de híbridos intergenéricos, que no es común en el reino vegetal. Los principales híbridos son los citranges (*C. sinensis* x *P. trifoliata*) y citrumelos (*C. paradisi* x *P. trifoliata*) de importancia como portainjertos. Otros como los tangelos (*C. reticulata* Blanco x *C. paradisi* Macf.), los tangores (*C. reticulata* Blanco x *C. sinensis* (L) Osb.) y los híbridos de mandarinas, han sido comercializados como cultivos varietales con semejanzas con las mandarinas o las naranjas (Agustí, 2003a)

2.1.5.1 Variedad 'Nova'

En el mercado también se la conoce con el nombre de 'Clemenvilla' (España) y 'Suntina' (Israel). Es un híbrido de Clementina 'Fina' (*C. reticulata*. Blanco) y tangelo 'Orlando' (*Citrus paradisi* Macf. x *Citrus tangerina* Hort. ex. Tan.), obtenido en Florida (EE.UU.), por Gardner y Bellows en 1942 (INTA 1996, Saunt 2000, Agustí 2003a).

La planta es de tamaño mediano, de copa compacta y redondeada, de producción precoz que se presta a plantaciones intensivas. En el hemisferio norte, la maduración se da a fines de octubre o primera quincena de noviembre; si se atrasa la recolección se va produciendo un gradual descenso de la acidez y una marcada tendencia a la granulación. Los frutos son de tamaño mediano, de un atractivo color anaranjado-rojizo muy brillante, muy densos y propensos a abrirse por la región estilar, principalmente los situados en la parte exterior del árbol. La cáscara es muy lisa y fina, algo pegada a los gajos, lo que dificulta su pelado. La pulpa es firme, de color anaranjado intenso y de un sabor dulce característico. La relación sólidos solubles/acidez es equilibrada. Es una variedad auto-incompatible, pero puede ser polinizada por otras variedades, especialmente por mandarina Clementina (Agustí, 2003a), con la consiguiente aparición de semillas (INTA 1996, Saunt 2000). La resistencia de la corteza a las condiciones adversas del clima y a la manipulación les confiere un valor comercial añadido (Agustí et al., 1995).

En España esta variedad se ha reportado como auto-incompatible, con gran capacidad partenocárpica presentando altos rendimientos. En comparación con Clementina 'de Nules' (variedad más plantada en dicho país), esta presenta mayor peso y tamaño, así como un índice de color superior, lo que la hace muy valiosa comercialmente (Bono et al., 1988). Según Gambetta et al. (2008), en contraste con las condiciones españolas, su comportamiento agronómico en las condiciones agroecológicas de nuestro país, en ausencia de polinización cruzada, no es satisfactorio, requiriendo medidas de manejo para incrementar su productividad. Arias et al. (1996) reportan para plantas jóvenes en la zona de Paysandú (Uruguay, 31° LS), altos niveles de floración y bajos porcentajes de cuajado, no logrando alcanzar buenos rendimientos. Rivas et al. (2004) en la zona de Kiyú (Uruguay, 35° LS), confirma que la mandarina 'Nova' se comporta como una variedad de baja capacidad partenocárpica, presentando ciclos de improductividad con niveles de brotación y floración extremadamente altos que provocan un cuajado deficitario.

El cultivo de la mandarina 'Nova' se desarrolló en Uruguay de forma importante en la década del 90, constituyéndose en la variedad más plantada en 1993 con más de 170.000 plantas incorporadas al sistema de producción. Para 1996 ya representaba el 11,8% de las variedades de mandarinas implantadas y el 5,2% del total de plantas de cítricos del Uruguay. En el período 1999-2001 el promedio de producción fue de 9000 t, 10,5% del total producido por mandarinas y el 3,5% de la producción total del país (C.H.N.P.C., citado por Rivas et al., 2004).

2.2 ADAPTACIÓN ECOLÓGICA

2.2.1 Tipos de suelos

La longevidad de un cultivo, el estado sanitario, la productividad y calidad del fruto dependen mucho de las características del suelo (INTA, 1996). Los cítricos pueden crecer en condiciones edáficas muy diferentes, desde suelos pedregosos, muy pobres, hasta suelos arcillosos y pesados, siempre que el resto de los factores climáticos no sean limitantes (Agustí, 2003a). Suelos con horizontes superficiales profundos y buen drenaje hacen más propicio el desarrollo del sistema radicular, así como un menor riesgo de sequía y una más exhaustiva exploración por agua y nutrientes. Diferencias en la profundidad del primer horizonte (A) pueden manifestarse en diferencias en el porte de las plantas. En Uruguay esto puede darse en montes sobre vertisoles con doble perfil, por ejemplo. La presencia de horizontes subsuperficiales impermeables puede dar lugar a la aparición de enfermedades radiculares causadas por hongos (Barbazán, 1998).

Las propiedades físicas más importantes son la permeabilidad, que indica la velocidad de infiltración del agua, por lo tanto, la capacidad de reservar el agua de lluvia o riego y la profundidad del suelo, que determina el desarrollo radicular (MGAP. RENARE, 2014). En suelos profundos, la mayor parte de las raíces de un árbol se encuentran en los primeros 75 cm de suelo. Dado que la disponibilidad de oxígeno se presenta como un factor esencial en la determinación de la extensión radicular, la textura y estructura del suelo son indirectamente responsables de dicha extensión. El desarrollo radicular va a ser determinante en el desarrollo de la parte aérea del árbol y como consecuencia de su producción (Agustí, 2003a). La materia orgánica del suelo contribuye en mejorar las propiedades físicas e indirectamente la aireación y las relaciones hídricas. En el caso de suelos arcillosos facilita la penetración del agua mientras que, en suelos arenosos, la fracción húmica de la materia orgánica forma parte del complejo adsorbente agregando partículas y aumentando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico (MGAP. RENARE, 2014).

Por otra parte, dentro de las propiedades químicas, la fertilidad natural de un suelo no es un factor determinante para la producción de cítricos. El contenido de elementos minerales de un suelo es fácilmente alterable con la fertilización. De ahí a que un suelo de baja fertilidad, pero con adecuadas características físicas, en particular con buen drenaje, sea preferible a un suelo muy fértil pero deficiente en sus características físicas (Agustí, 2003a).

En el Uruguay, a pesar de ser un territorio pequeño en comparación con otros países, existe una gran diversidad en cuanto a tipo de suelos; las dos grandes zonas en las que se concentra la producción citrícola presentan marcadas diferencias.

En la zona norte, los suelos se caracterizan por ser arenosos, profundos, ócricos o melánicos, en algunos casos con un horizonte argilúvico bien diferenciado, relativamente pobres en fertilidad (MAP. DSF 1976, Durán y García 2007). La producción citrícola en Uruguay se desarrolló en sus comienzos en la zona norte del país, alrededor de la ciudad de Salto, sobre Brunosoles y Argisoles Subéutricos de textura arenosa-franca y Franca de las unidades Salto, Colonia Palma y Constitución (Barbazán, 1998).

Los suelos arenosos están constituidos por partículas grandes, que dejan entre ellas grandes espacios, lo que facilita la circulación de aire y agua. Como consecuencia de ello los suelos arenosos son permeables, secos, sueltos y pobres. Además, poseen escaso poder adsorbente y son capaces de retener muy poca agua. Este tipo de suelos exalta la precocidad y la calidad de las cosechas. Los frutos, en este caso, son de buen tamaño, de corteza fina, más jugosos, aunque de jugo menos rico en sólidos solubles y menos ácido (Agustí, 2003a).

En la zona de Salto, el material geológico corresponde a sedimentos arenosos y areno-arcillosos de la formación Salto. El relieve corresponde a interfluvios altos y suavemente ondulados, con predominio de pendientes de 1 a 3%. Los suelos dominantes son Argisoles Dístricos Ócricos y Melánicos, Típicos y Abrúpticos, de color pardo grisáceo a pardo grisáceo muy oscuro o pardo muy oscuro, la textura es franco-arenosa, la fertilidad es baja y el drenaje imperfecto. También pueden asociarse Planosoles de texturas más finas y mayor fertilidad. Pueden existir cantos rodados integrando la masa del suelo, a los que se asocian Inceptisoles Ócricos que tienen normalmente un horizonte superior de color pardo muy claro, textura arenosa, fertilidad muy baja y drenaje interno bueno, aunque en presencia de estratos arcillosos y en posiciones altas y planas pueden ser pobres (MAP. DSF 1976, Durán y García 2007). La zona corresponde a la unidad Salto en la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:1.000.000 (MAP. DSF, 1976). Los grupos CONEAT pertenecientes a esta zona son S09.21 y S09.20 con un índice de productividad promedio de 52 (MAP. DSF 1976, MGAP. DGRNR 1994).

En la zona sur predominan suelos de texturas pesadas, oscuros, profundos, poco diferenciados, de fertilidad natural media a alta, con diferencias en la erosión actual dependiendo de su uso (MAP. DSF 1976, Durán y García 2007). En esta región la citricultura se inició en suelos desarrollados sobre materiales de formación Libertad, Tala Rodríguez y Toledo, con Brunosoles Éutricos y Vertisoles Rúpticos. Posteriormente se dio un desarrollo importante sobre la unidad Kiyú, en San José donde prevalecen Brunosoles subéutricos (Barbazán, 1998).

En los suelos arcillosos predominan los elementos finos (limo y arcilla) y, como consecuencia, el tamaño de sus poros es pequeño, lo que dificulta la circulación del aire y del agua. Estos suelos absorben gran cantidad de agua, que retienen con facilidad. Los frutos que se producen en estos suelos son, en general, de menor tamaño, de piel más

gruesa y rugosa, menos jugosos, con mayor cantidad de sólidos disueltos en el jugo y vitamina C y de maduración tardía, por la elevada acidez (Agustí, 2003a).

En particular, en la zona de Libertad, el material geológico corresponde a sedimentos limo arcillosos del Cuaternario, de color pardo. El relieve es ondulado a suavemente ondulado con pendientes de 1 a 4%, con moderada erosión actual y bajo riesgo de erosión. Los suelos predominantes son Vertisoles Rúpticos Típicos y Lúvicos (Grumosoles) y Brunosoles Éútricos y Subéútricos Típicos, de color negro o pardo muy oscuro. Los suelos corresponden a la unidad Libertad de la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:1.000.000. Los grupos CONEAT que predominan en esa zona en particular son 10.8b, 03.51 y 10.8a con un índice de productividad promedio de 180 (MAP. DSF 1976, MGAP. DGRNR 1994).

Actualmente, con tecnologías más sofisticadas y mayor control de factores de producción, la producción cítrica se expandió a otros tipos de suelos, desarrollándose con muy buen potencial en un amplio rango. Las texturas van desde franco arenosas hasta arcillosas. Desde el punto de vista mineralógico, los suelos desarrollados sobre areniscas de Salto o Cuaternario son pobres en K; en cambio los suelos del sur con mineralogías predominantemente del tipo illíticas, son muy ricos en K y relativamente pobres en Mg llegando a existir relaciones 1:1 entre estos dos minerales, por lo que puede haber problemas de disponibilidad de Mg. El porcentaje de materia orgánica también puede variar desde suelos fértiles con más de 6%, a suelos con menos del 2%. Esta materia orgánica está asociada al suministro de N y otros nutrientes y también al mantenimiento de las propiedades físicas (Barbazán, 1998).

2.3 EL FRUTO CÍTRICO

2.3.1 Anatomía del fruto cítrico

Los frutos cítricos se consideran bayas modificadas, denominados botánicamente hesperidios, cuya parte exterior es relativamente rígida y la interna, parte comestible, está dividida en segmentos o gajos. Las partes externas del fruto se denominan colectivamente piel o corteza. La porción más externa de la piel, coloreada, se denomina flavedo (pericarpio) y la interna, incolora excepto en algunas variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) y mandarina ‘Afourer’ (*Citrus reticulata* Blanco) se denomina albedo (mesocarpio). El flavedo está formado por células de naturaleza parenquimática densamente empaquetadas en el tejido. En la parte más externa del flavedo encontramos una fina cutícula. El albedo está compuesto también por células parenquimáticas aunque débilmente empaquetadas y con grandes espacios intercelulares entre ellas, que confieren a este tejido su apariencia esponjosa característica. La porción interna del fruto (endocarpio) se denomina pulpa y está compuesta por segmentos o gajos (Figura 1A). El número y tamaño de los segmentos es característico de cada especie y variedad (Tadeo et al. 2003, Gravina 2014).

En algunas ocasiones, en el extremo estilar del fruto aparece un fruto secundario, de pequeño tamaño, que se denomina comúnmente ‘navel’ u ombligo (Figura 1B). El primordio de este carpelo secundario se diferencia en la yema floral una vez lo ha hecho el principal y su presencia es característica de las naranjas pertenecientes al grupo navel, aunque también aparece en algunas mandarinas (Tadeo et al., 2003).

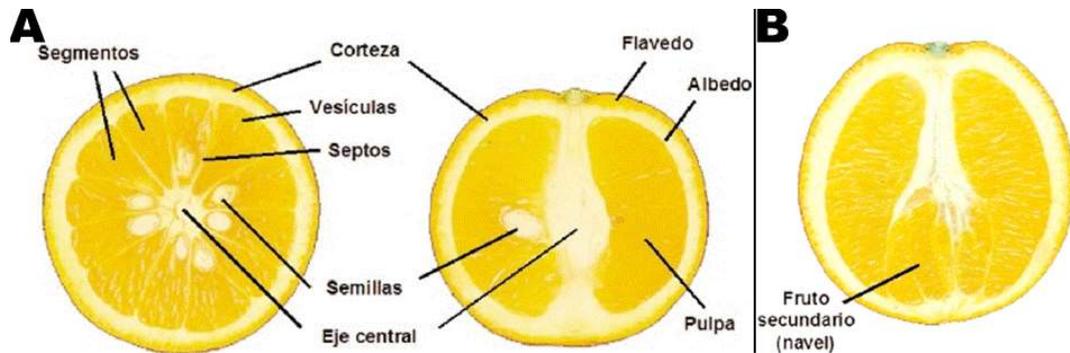


Figura 1. A. Secciones ecuatorial (izquierda) y polar (derecha) de un fruto maduro de naranjo dulce Blanca común (*Citrus sinensis* L. Osb.). B. Sección ecuatorial de un fruto maduro de naranjo dulce Navelina (*Citrus sinensis* L. Osb.) en donde puede observarse el fruto secundario o ‘navel’ en su extremo estilar. Tomado de Tadeo et al. (2003).

2.3.2 Crecimiento y desarrollo del fruto cítrico

Los frutos cítricos presentan tres fases de desarrollo definidas. La fase I se caracteriza por presentar un crecimiento de tipo exponencial, basado en una activa división celular. La corteza, es el tejido que más se incrementa en tamaño, alcanzando su máximo espesor al finalizar esta fase; este crecimiento se fundamenta además de la división celular del flavedo, en el engrosamiento de las paredes celulares del albedo. En la fase II predomina la elongación celular, se da el máximo crecimiento de los segmentos por acumulación de jugo, que presionan sobre la corteza. Esta va reduciendo su espesor alcanzando su mínimo al final de este periodo, debido a: (i) la necesidad de mantener un volumen creciente de pulpa y (ii) que la presión desde el interior hace que las capas de la cáscara (especialmente el albedo), se vuelvan más compactas. En esta fase, las células presentes en la capa del albedo se agrandan tangencialmente mientras que las células del flavedo no aumentan de tamaño, continuando la división hasta la madurez. (Goldschmidt et al. 1992, García-Luis et al. 1994, Agustí 2003a, Gravina 2014).

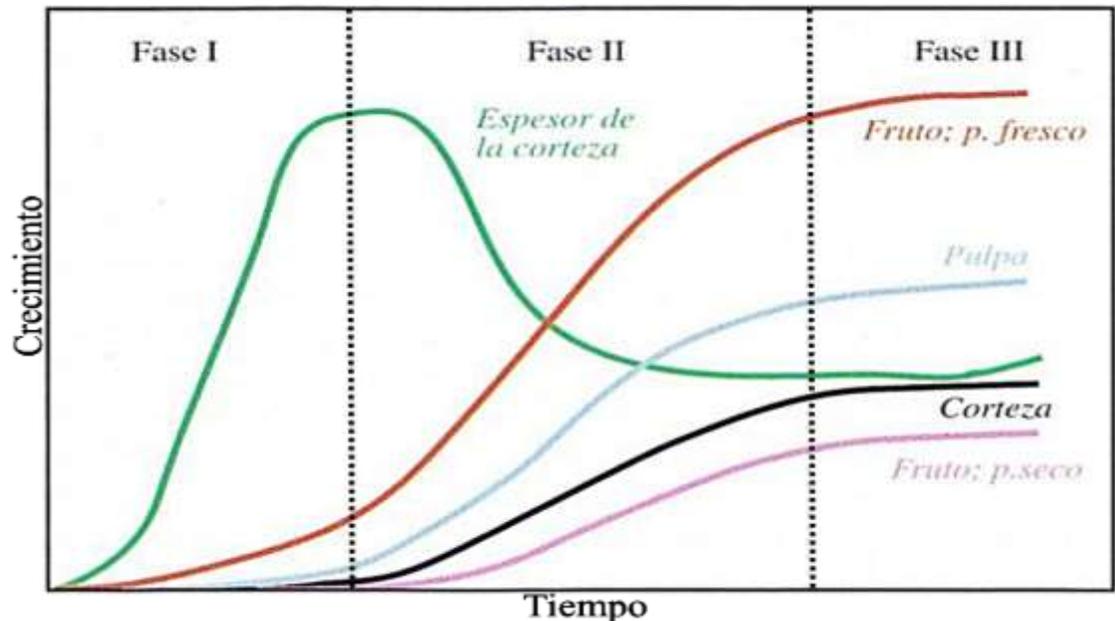


Figura 2. Fases del desarrollo de un fruto cítrico. Adaptado de Agustí et al. (2003b).

2.4 DESÓRDENES FISIOLÓGICOS

Se entiende por desórdenes fisiológicos al conjunto de alteraciones de origen abiótico que presentan los frutos. Comprende desequilibrios tanto de origen climático, como los provocados durante el cultivo y la manipulación post-cosecha. Las bajas y las altas temperaturas, el viento, humedades muy elevadas, desequilibrios provocados por déficits hídricos, alteraciones nutricionales, las condiciones de conservación, son causa de ellos. Su estudio y la puesta a punto de técnicas para su control, se justifican por la importancia que tiene la calidad del fruto en su comercialización para el consumo en fresco (Agustí, 1996).

Las alteraciones más importantes que, durante el cultivo, sufren los frutos cítricos son: ‘Splitting’ o rajado del fruto; ‘Peel pitting’ o picado de la corteza; ‘Creasing’ o clareta; Granulación; Oleocelosis; Pateta de rata o Colapso de la corteza; ‘Puffing’ o bufado (Almela y Agustí 1992, Agustí 1996). En la actualidad, sólo se conocen las causas de algunas de estas alteraciones, e incluso en los casos en que están bien determinadas, su control resulta muy difícil puesto que no es posible modificar las condiciones medioambientales, uno de los principales responsables de tales desórdenes fisiológicos. Se hace necesario, por tanto, disponer de técnicas capaces de impedir o paliar las alteraciones fisiológicas de los frutos cítricos (IVIA, 2007).

2.5 RAJADO DE LOS FRUTOS

El ‘splitting’, ‘cracking’, rajado o agrietado de los frutos es un desorden fisiológico que provoca la apertura de estos y su posterior caída prematura (Almela et al. 1986, Almela et al. 1994). Consiste en el agrietamiento de la corteza que en general comienza como una pequeña grieta en el extremo estilar del fruto. El primer síntoma del rajado es la pérdida de clorofila en la cáscara alrededor de la cicatriz estilar, que es seguido poco después por la formación de pequeñas grietas polares, que rápidamente aumentan en tamaño a medida que el fruto se agranda. Estas grietas se convierten en una fisura polar o triangular más grande con márgenes necróticos oscuros que puede alcanzar toda la altura del fruto (Ruiz y Primo-Millo 1989, Goldschmidt et al. 1992, García-Luis et al. 1994, Goodwin 2008). Sin embargo, algunas veces es posible encontrar una evolución distinta, ya que la alteración se inicia por cualquier punto en el que la resistencia de la corteza se vea disminuida (Almela y Agustí 1992, Agustí et al. 1995). Un ejemplo de esto es cuando se presenta el desorden en la región ecuatorial (Erickson 1968, García-Luis et al. 1994).

El rajado puede ser corto y superficial o profundo y amplio, inclusive con la exposición de los segmentos con las vesículas de jugo. Los frutos son más propensos al rajado en árboles jóvenes que en árboles más viejos y generalmente caen antes de la cosecha, probablemente como resultado de la evolución del etileno de los tejidos heridos. Hongos de los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium* pueden infectar el área agrietada del fruto y causar la descomposición parcial que lleva a la caída prematura, creando además un ambiente propicio para la mosca de la fruta (Goldschmidt et al. 1992, Agustí et al. 2002, Goodwin 2008).

Este desorden no se limita a los cítricos, también se reportó en uvas, cerezas, ciruelas, duraznos, damascos, nectarinos, manzanas, litchi, granadas, bananas, paltas, caquis, tomates y pistachos (Khadivi-Khub, 2015). Aunque existen algunas similitudes en los factores que causan el desorden, así como algunos aspectos del desarrollo fisiológico, las características anatómicas y fisiológicas de los frutos cítricos, los diferencian de las restantes especies (Cronjé et al., 2014)

En naranjas el rajado ha sido reportado en variedades de tipo navel como ‘Washington’ (Erickson 1957, De Lima et al. 1980, De Lima y Davies 1981) y ‘Navelina’ (De Cicco et al. 1988, Agustí et al. 1995), en ‘Hamlin’ (Stander 2013, Khadivi-Khub 2015) y en los cultivares de Valencia ‘Campbell’, ‘Frost’, ‘Leng’, ‘Midknight’ y ‘Olinda’, que son moderadamente susceptibles (Bar-Akiva 1975, Bower et al. 1992, Stander 2013). También se ha reportado en mandarinas, en los cultivares de Clementina ‘Fina’, ‘Marisol’, ‘Nules’ y ‘Orogrande’ (Mupambi 2010, Stander 2013, Cronjé et al. 2014). Particularmente sensible a este desorden son los híbridos ‘Murcott’ (Goldschmidt et al., 1992), ‘Mor’, ‘Orri’ (Stander, 2013), ‘Ellendale’, ‘Ortanique’, ‘Nova’ y ‘Niva’, especialmente cuando se cultivan en zonas cálidas y húmedas (Almela

et al. 1986, Bono et al. 1988, Almela y Agustí 1992, Goren et al. 1992, Almela et al. 1994, García-Luis et al. 1994, Rabe y Van Rensburg 1996, García-Luis et al. 2001). En estos cultivares, el rajado puede representar hasta un 60% de la producción final, lo que causa graves pérdidas económicas (García-Luis et al., 1994). Se presenta muy esporádicamente en otras naranjas y mandarinas y es inexistente en limón y pomelo (Gravina 2014, Khadivi-Khub 2015).

En Uruguay, este desorden ha tenido relativamente poca importancia, afectando algunas parcelas de los híbridos de mandarina ya mencionados y ‘Montenegrina’ (Gravina, 2014). La introducción y expansión en los últimos años de la mandarina ‘Nova’, ha puesto en evidencia la mayor sensibilidad a la alteración de esta variedad en nuestras condiciones climáticas.

En términos generales, en mandarina ‘Nova’ (Erickson 1957, Almela et al. 1986, Almela y Agustí 1992, Goldschmidt et al. 1992, Goren et al. 1992, Almela et al. 1994, García-Luis et al. 1994, Agustí 1996, Goodwin 2008), ‘Ellendale’ (Rabe y Van Rensburg, 1996) y naranja ‘Washington’ navel (Bain 1958, De Lima et al. 1980, De Lima y Davies 1981), el rajado se inicia durante la fase II del crecimiento del fruto (mediados de agosto HN/ febrero HS), coincidiendo con el periodo de alto crecimiento de la pulpa y también un mínimo espesor de cáscara, y termina cuando se detiene el crecimiento de los segmentos y cesa la presión sobre la corteza (octubre HN/ abril HS). En este momento los frutos han alcanzado su máximo desarrollo y comienza el cambio de color. Stander (2013), destaca para mandarina Clementina ‘Marisol’ en las condiciones de Sudáfrica que la división comienza a ser visible en febrero, sin embargo, se pueden observar micro-grietas en la cicatriz estilar del fruto con el microscopio desde mediados de enero.

Goldschmidt et al. (1992), describen un pico máximo para mandarina ‘Murcott’ en Israel entre mediados de octubre y principios de noviembre, mientras que, en otro experimento, los mismos autores registran dos picos, uno a principios de noviembre y otro un poco menor a principios de diciembre.

La fecha aproximada del inicio del rajado depende de la intensidad de este. Cuando la intensidad es mayor se observa una anticipación del inicio de la alteración lo que puede ser un indicador de la importancia que en un año dado va a alcanzar esta (Almela et al., 1986).

La variabilidad de la presencia de este desorden tanto en parcelas como en años, indican, por un lado, la complejidad del fenómeno que no puede ser atribuido a un solo factor, y por otro, una estrecha relación entre la alteración y las condiciones climáticas (Cook 1913, Coit 1915, De Cicco et al. 1988, Almela y Agustí 1992, Almela et al. 1994, Agustí et al. 1995). Los principales factores que influyen en el rajado pueden dividirse en dos grupos: la nutrición mineral y los ambientales como la temperatura y el

régimen hídrico, y aquellos que son propios de la variedad, como la anatomía del fruto, el tamaño, la forma, la presencia de un segundo fruto en crecimiento, o de abertura estilar y el grosor de la corteza.

2.5.1 Factores ambientales

Las condiciones climáticas o culturales pueden provocar un desequilibrio entre el desarrollo de la pulpa y la corteza y alterar el control hormonal que esta última ejerce sobre el desarrollo del fruto (Monselise 1977, Agustí 1996).

2.5.1.1 Temperatura

La incidencia del rajado depende mucho de la zona climática donde se cultivan los cítricos. Los factores ambientales más importantes que conducen al desarrollo de frutos con cáscara más delgada, y por lo tanto más susceptibles al rajado, son las condiciones climáticas cálidas y húmedas durante la fase I de desarrollo del fruto (Cronjé et al., 2014). Climas calientes y secos alternando con climas nublados y húmedos, junto con el riego no adecuado promueven un alto porcentaje de rajado en naranjas del tipo navel (Coit, 1915). Tanto las temperaturas de invierno como las de verano parecen afectar la estructura de la corteza y el rajado (Goldschmidt et al., 1992). La corteza de los frutos cítricos es generalmente más gruesa en zonas más frías, y en tales áreas, son menos propensos a rajarse (Barry y Bower, 1997). En su trabajo en pomelo Cohen y Rassis (1972), indicaron que las temperaturas frías de invierno causan un aumento en el vigor del crecimiento del árbol y por lo tanto afecta el espesor de la cáscara en el ciclo siguiente, a su vez, también concluyeron que las temperaturas invernales afectan más al grosor de la corteza porque esta se desarrolla mayoritariamente en las primeras etapas del fruto y por lo tanto las temperaturas de verano van a tener un efecto muy pequeño en su grosor. Por otro lado, Reuther et al. (1973) informan que, en experimentos en ambientes controlados, la mandarina Satsuma cultivada bajo un régimen de alta temperatura (30-35°C/20-25°C día/noche) sufrió rajado grave, incluso después de su retorno a las condiciones ambientales. Kaufmann (1970) en un estudio sobre la extensibilidad de la cáscara de los frutos cítricos determinó que, con un aumento de la temperatura de 10 a 35 °C, la tensión necesaria para estirar un 1% la cáscara de naranja 'Washington' navel y Valencia disminuye, siendo el flavedo el tejido más limitante (34% de disminución). La mayor rigidez a menor temperatura se explica debido a la existencia de grandes cantidades de sustancias pécticas en las paredes celulares, puesto que la viscosidad de los materiales pécticos aumenta a medida que disminuye la temperatura. La tendencia a la fluencia o el deslizamiento entre las células durante la tensión puede disminuir a medida que se baja la temperatura, resultando en un mayor módulo de estiramiento.

La posición en la copa del árbol, así como el microclima que dentro de esta se genera, puede conducir al desarrollo de diferentes trastornos fisiológicos. Los frutos en

el exterior de la copa están expuestos a temperaturas más altas que en el interior. En los cítricos, el daño celular debido a la alta temperatura conduce al escaldado y las quemaduras solares en el flavedo y ha sido descrito como un factor causal del rajado de mandarina 'Shogun' en Tailandia (Cronjé et al., 2014).

2.5.1.2 Régimen hídrico

El régimen hídrico del suelo altera la velocidad de crecimiento de los diferentes tejidos del fruto. La relación hídrica suelo-árbol puede desempeñar un papel importante en el fenómeno del rajado (Cronjé et al., 2014). El rajado en frutos de 'Washington' navel es más frecuente durante y después de los días de lluvia (De Lima y Davies, 1981). Cook (1913) supone que el rajado puede ser consecuencia de las fluctuaciones de crecimiento causadas por irregularidades en el riego. Coit (1915) menciona que un suministro de agua irregular, causa grandes variaciones en el contenido de humedad del suelo y produce una mayor fluctuación en el crecimiento de la pulpa que en el de la corteza de la naranja. Kaufmann (1970) informó que una disminución del potencial hídrico de -0,2 a -14,8 bares, disminuyó la presión sobre el epicarpio en un 30% y 18 a 20% para las otras capas.

2.5.1.3 Nutrientes minerales

Varios autores atribuyen una de las causas del rajado, a los desequilibrios nutricionales, entre los que predominan altos niveles de fósforo (P) y bajos de potasio (K), favoreciendo el desarrollo de una cáscara delgada con textura lisa, más susceptible al desorden (Erickson 1957, Chapman 1968, Cronjé et al. 2014). De Cicco et al. (1988) correlacionaron positivamente el rajado con los niveles de P en las hojas y entre los 40 – 80 cm de profundidad del suelo, mientras que lo correlacionaron en forma negativa con el contenido de nitrógeno (N) y K en las hojas. Esto se explica ya que estos últimos dos elementos influyen en el grosor de la corteza. Deficiencias de calcio (Ca) y K se asocian con varios trastornos de la piel de los cítricos (Bar Akiva 1975, Erickson 1968, De Cicco et al. 1988). En desacuerdo con lo mencionado, Erickson (1957) no encontró diferencias en el contenido de K entre frutos normales y frutos rajados de 'Washington' navel, mientras que encontró valores significativamente superiores de Ca en los rajados.

2.5.2 Factores internos

Si bien la incidencia del desorden depende marcadamente del año, existiendo una gran influencia climática, las características morfológicas de los frutos y las condiciones internas del árbol también son determinantes. Dado que el rajado es más frecuente en algunos cultivares, estos deben compartir algunas características determinantes para la incidencia de esta alteración (García-Luis et al., 2001).

2.5.2.1 Factores anatómicos

El albedo es un tejido esponjoso y puede resistir la presión de la pulpa; el flavedo es más rígido y la falta de división a la tasa apropiada, provoca un aumento en la tensión que finalmente conduce a la insuficiencia y al rajado (Kaufmann 1970, Goldschmidt et al. 1992, García-Luis et al. 1994, Gravina 2014). Goren et al. (1992) en un estudio morfológico en la variedad 'Niva' determinaron que el primer tejido en rajarse fue el flavedo, seguido por el albedo, mientras que los haces vasculares fueron los últimos en separarse. Goldschmidt et al. (1992), concluyen que entre el pico máximo de rajado y la cosecha, el peso del fruto se duplica, debido al crecimiento de la pulpa, ya que la cáscara no crece durante este período.

El inicio del rajado puede estar relacionado con la aparición de una mayor cantidad de sólidos solubles en el extremo estilar del fruto, donde la mayoría del desorden se produce. Un aumento de las sustancias hidrófilas, ofrece una explicación para el aumento de la presión interna necesaria para romper la corteza. Esta es más delgada en el extremo estilar del fruto que en el extremo peduncular y, por lo tanto, puede ser más susceptible a la ruptura (Erickson, 1957). Goren et al. (1992), encuentran una fuerte asociación entre la relación de sólidos solubles y fracciones de pectato (que se relaciona con la estabilidad de la pared celular) y el rajado final. También reportan una estrecha relación con la polimetil-esterasa (PME), asociada a la degradación de la pared celular y al desacoplamiento de los polímeros de pectina.

García-Luis et al. (1994), realizaron un extenso trabajo relacionando el rajado de mandarina 'Nova' con la anatomía del fruto. El principal factor que describen como causante del rajado es la presencia del extremo estilar abierto y de un segundo fruto en crecimiento. El estilo tiene una cavidad central bien desarrollada que da como resultado la formación de un orificio en el extremo estilar; la epidermis de la parte inferior de esta cavidad prolifera, formando un tejido-corteza que presenta glándulas sebáceas, clorofila y, en etapas posteriores, carotenoides. Esta estructura llamada ombligo se desarrolla poco después de la apertura de la flor y su tamaño final es muy variable oscilando entre 2 y 12 mm. En los frutos que no presentan un orificio en el extremo estilar, el tejido, siempre presente, está oculto en el interior.

La división celular epidérmica no se produce en la cicatriz estilar, cuyas células están fuertemente suberizadas. Cuando la cicatriz estilar es pequeña y está situada en el extremo del eje polar del fruto, no hay tensión, ya que este punto no se agranda. Sin embargo, cuando la cicatriz se encuentra lejos de este punto (como ocurre cuando existe un orificio en el extremo estilar) estas células, que no se dividen, están sometidas a una presión creciente conforme el fruto crece. Las tensiones en la dirección polar del fruto deben reducirse por la proliferación de las células cercanas no suberizadas. En la dirección ecuatorial, las células suberizadas forman un anillo de tejido inextensible que pueden finalmente romperse en forma polar (García-Luis et al., 1994).

La formación con éxito de una capa de abscisión entre el estilo y el extremo estilar de la corteza es importante para prevenir el rajado. Las auxinas en el tejido de la planta, tales como el ácido 3-indolacético (AIA), regulan principalmente la abscisión mediante el bloqueo de la capacidad del etileno para estimular la abscisión de material vegetal. Los tratamientos de 2,4-D, después de la caída fisiológica de frutos permiten el éxito de abscisión natural del estilo (Stander, 2013). De Lima et al. (1980), informaron que el rajado en naranjas ‘Washington’ navel es mayor en frutos con una gran apertura en el extremo estilar, mientras que varios autores destacan la presencia de un segundo fruto en crecimiento como causa de rajado en diferentes variedades (Cook 1913, De Lima y Davies 1981, Barry y Bower 1997). De Lima y Davies (1981) destacan cultivares del tipo navel con frutos secundarios de menor tamaño como ‘Baianinha’ en Brasil, que presentan menor porcentaje de descartes por rajado. Similar resultado fue reportado por Stander (2013) en este cultivar. La aplicación de 2,4-D en floración incrementa el porcentaje de frutos con el ombligo cerrado y reduce el tamaño final de este, lo cual, disminuye la susceptibilidad del fruto al rajado; por lo tanto, la aplicación de esta hormona puede ser un método efectivo para reducir el desorden en cultivares con ombligo (Stander, 2013).

En síntesis, el rajado de frutos está estrechamente relacionada con la presencia de la abertura en la cicatriz estilar (86% de los frutos rajados presentaban esta abertura mientras que apenas el 8% de los frutos sanos lo tenían), así como el tamaño y el desarrollo del ombligo, que a su vez es mayor en aquellos frutos que presentan abertura estilar. El fruto rajado, o bien tiene un ombligo más grande que los frutos no rajados o, alternativamente, el ombligo es senescente, debido a la pérdida de clorofila y la acumulación de carotenoides (García-Luis et al., 1994). Esta senescencia se acompaña con un aumento en la síntesis de etileno (De Lima y Davies, 1981), que a su vez promueve la senescencia del tejido epidérmico alrededor de la cicatriz estilar. Como resultado, la división celular cesa y este tejido se vuelve inelástico y propenso al rajado.

Sin embargo, estos antecedentes no permiten explicar la ocurrencia del rajado ecuatorial de frutos, que se presenta con menor frecuencia en nuestro país (Gravina, 2014).

2.5.2.2 Competencia entre frutos y tamaño final

La competencia entre frutos no es determinante de la alteración (García-Luis et al., 1994), pero puede tener influencia en algún caso al aumentar la competencia por algún nutriente como el K (Almela et al., 1986). Cualquier tratamiento que lleve al aumento de la carga de frutos y aumente la competencia entre estos, como el anillado o el uso de giberelinas para estimular el cuajado, puede aumentar la incidencia del desorden. El raleo de flores o de frutitos antes del fin de caída fisiológica en los años de carga excesiva esperada, es sugerido por Cronjé et al. (2014) como una posible medida para reducir la competencia entre frutos por asimilados y agua. Esto produce finalmente

frutos más grandes, con una corteza más gruesa y más fuerte y por ende una incidencia menor del rajado (Barry y Bower, 1997). Sin embargo, un raleo excesivo en esta etapa puede resultar en un bajo porcentaje de cuajado y, como resultado, aumentar la tasa de crecimiento de los frutos restantes hasta tal punto, que las cáscaras de estos no sean capaces de adaptarse a la mayor tasa de crecimiento y provocar el rajado (Cronjé et al., 2014). Stander (2013) relaciona el aumento del rajado con un aumento en la carga frutal, para mandarina 'Mor' el aumento del rendimiento de 18 a 29 t.ha⁻¹, incrementó el número de frutos rajados por árbol de 8 a 31. La carga frutal se relaciona directamente con el tamaño del fruto; De Lima y Davies (1981) informaron que los frutos rajados eran más grandes que los sanos en 'Washington' navel. García-Luis et al. (1994), en cambio obtuvieron una muy baja correlación entre estos dos factores.

2.5.2.3 Forma del fruto

La forma del fruto es otro factor a considerar. La cutícula de una esfera perfecta se raja al azar. A medida que el fruto se desvía de esta forma, el desorden aumenta y se vuelve más localizado. Un esferoide alargado presenta principalmente rajado polar que comienza generalmente en el ecuador, tal y como sucede en algunas variedades de uva (*V. vinífera*) como 'Thompson Seedless' o 'Sultanina', algunas cucurbitáceas, o bananas (*Musa sp.*). En un esferoide achatado, el estrés físico causado por la ampliación de la pulpa es más grande en la dirección polar de la fruta, y esta circunstancia debe conducir a un tipo ecuatorial de rajado. Sin embargo, en este tipo de frutos se forma en los extremos polares un anillo de células suberizadas, inextensible que puede romperse dando inicio al rajado de tipo polar. Esto sucede en diversas variedades de mandarinas o en tomate (*L. esculentum*). Inclusive la presencia de una hendidura en cualquier polo aumenta en gran medida la tensión y la incidencia del rajado en el extremo (Considine y Brown, 1981).

Los cambios geométricos que ocurren temprano en la organogénesis, pueden tener poco efecto sobre la distribución de tensiones en el momento en que ocurren, pero pueden dar lugar a tensiones intensas después de un mayor desarrollo (Considine y Brown, 1981). Es de destacar que, entre el pico máximo de crecimiento de la pulpa y la cosecha, el fruto se vuelve más achatado, según lo expresado por aumento de la relación diámetro ecuatorial/polar de 1,15 a 1,28 (Goldschmidt et al., 1992). Conjuntamente con esto, De Cicco et al. (1988) encontraron que el rajado en naranjas 'Navelina' disminuye de igual forma que la relación de diámetro ecuatorial/polar del fruto. García-Luis et al. (2001) determinaron en mandarina 'Nova' una máxima relación ecuatorial/polar durante septiembre-octubre (marzo-abril HS) (1,23) coincidiendo con el aumento más rápido en el diámetro del fruto, a su vez encontraron para la misma variedad que, un mes antes de ocurrir el rajado, los frutos propensos tenían un diámetro polar menor que los frutos sanos, determinando que frutos que tienen una relación de diámetro ecuatorial/polar menor a 1,15 en este momento, no se rajan más tarde en el desarrollo. Stander (2013) reportó para Sudáfrica que una aplicación de 2,4-D luego del fin de caída fisiológica

aumentó el diámetro polar de los frutos disminuyendo la relación de diámetro ecuatorial/polar, lo que se tradujo en un menor porcentaje de rajado; esta hormona cambió la forma del fruto a una más alargada y aumentó el grosor y la resistencia de la corteza. Una forma achatada del fruto aumenta las tensiones en los polos (cáliz y extremo estilar), y este efecto en la forma, aumenta el estrés notablemente cuando la relación diámetro ecuatorial/polar del fruto se vuelve superior a aproximadamente 1,25 (Considine y Brown, 1981).

2.5.2.4 Grosor de la corteza

Diversos factores culturales ya mencionados anteriormente como los niveles de P y K, las relaciones hídricas, el manejo de la carga de frutos e incluso desequilibrios hormonales debido a la producción de frutos sin semillas, pueden conducir al desarrollo de un fruto con una corteza más delgada o débil y por lo tanto más susceptible al rajado (Cronjé et al., 2014).

Varios autores atribuyen una mayor frecuencia de rajado en los frutos de corteza fina, determinando una relación inversa entre ellos (De Cicco et al. 1988, Almela et al. 1994). Stander (2013) explica en parte la mayor incidencia por un menor grosor de corteza en la comparación de dos años en Sudáfrica (1,30 mm o 1,50 mm). Coit (1915) encontró que el espesor de la corteza de cada fruto, en naranjas de tipo navel varía, siendo mayor en el extremo peduncular, y muy delgado cerca del ombligo. No obstante, García-Luis et al. (2001) no encontraron relación entre el rajado y el grosor de la cáscara en la sección ecuatorial del fruto; pero determinaron en árboles tratados con GA₃ o sin tratamiento, que los frutos rajados tenían una cáscara más delgada en el extremo estilar que los sanos. Finalmente concluyeron que el grosor de la cáscara en el extremo estilar puede no ser el único factor determinante del rajado, puesto que este es más grueso en frutos tratados con 2,4-D, que presentaron niveles de rajado similar al del control.

2.5.3 Control del rajado

2.5.3.1 Control nutricional y hormonal

El fortalecimiento de la piel es una forma potencial de reducir la incidencia del rajado. Esto se obtiene mediante la aplicación de nutrientes minerales o reguladores del crecimiento. Los nutrientes minerales que más se utilizan con este objetivo son K o Ca, mientras que los reguladores hormonales más utilizados son el ácido giberélico (GA₃) o las auxinas de síntesis.

Bar-Akiva (1975) demostró en Israel que la fertilización potásica reduce significativamente el rajado en naranja Valencia, atribuyendo esa reducción al fortalecimiento general de la cáscara y no como consecuencia de un déficit de K. Almela et al. (1986) señalan que aplicaciones foliares de nitrato potásico (KNO₃) o nitrato

cálcico ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) son efectivas para el control del desorden en las condiciones de España, siendo más eficaz el primero. En cambio, Rabe y Van Rensburg (1996) observaron en Sudáfrica que con aplicaciones foliares de KNO_3 y K_2SO_4 antes y durante el período de floración, el rajado aumentó.

Barry y Bower (1997), reportaron que una aplicación foliar al 2% de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ con 70% de plena floración, reduce significativamente el rajado en mandarina 'Nova' en comparación con árboles no tratados, en las condiciones de Sudáfrica. Sin embargo, García-Luis et al. (1994), Almela et al. (1994), no lograron una reducción del desorden con la aplicación de este nutriente para las condiciones españolas. Almela et al. (1995), tuvieron resultados erráticos, siendo efectivos cuando la incidencia del rajado es alta, presentando a su vez, mayor respuesta cuando se realizaron dos aplicaciones, a finales de junio (diciembre HS) y de julio (enero HS). Stander (2013), tampoco tuvo éxito para las condiciones de Sudáfrica con una aplicación después del fin de caída fisiológica, atribuyendo esto a que la mejor estrategia para aumentar el contenido de Ca en el fruto es a través de la translocación vía xilema desde la raíz, ya que este nutriente no se absorbe fácilmente por la superficie del fruto. La fecha de aplicación es crítica para el KNO_3 dejando de ser efectivo después del comienzo de fase II. El efecto que provoca al ser aplicado en las primeras etapas del desarrollo, es el aumento del crecimiento de la corteza, que confiere más resistencia al rajado.

La regulación hormonal varía a medida que el fruto va creciendo y depende de la presencia de semillas. Los tejidos de los frutos cítricos contienen bajos contenidos de auxinas en todas las etapas y un nivel relativamente alto de giberelinas (Goren y Goldschmidt 1970, García-Luis et al. 1986), que disminuye a partir del cambio de color (Gambetta et al., 2012). Hay un equilibrio cambiante en la cáscara entre los promotores del crecimiento como giberelinas y citoquininas, que son más altos en las primeras etapas y los inhibidores como ácido abscísico que aumentan en la madurez (Goren y Goldschmidt, 1970). Las semillas, que son esenciales para la producción de auxinas, para el crecimiento de la cáscara y flexibilidad celular, pueden estar implicadas en el rajado del fruto, ya que este fenómeno difícilmente se produce en frutales con semilla (Barry y Bower, 1997).

Las aplicaciones de reguladores del crecimiento han presentado mejores resultados que las aplicaciones de nutrientes, pero también con respuestas erráticas. Las giberelinas se citan como eficaces para mantener la juvenilidad de la cáscara en frutos cítricos y eliminar varios trastornos de senescencia (Coggins y Hield, 1968).

En mandarina 'Nova' en las condiciones de España, García-Luis et al. (1994, 2001) concluyeron que una aplicación de 10 mg.l^{-1} de GA_3 en plena floración aumenta el rajado, sin tener efecto sobre la producción de frutos. En cambio, una aplicación cerca del fin de caída fisiológica (FCF) (6 semanas después de plena floración) no lo afectó. Sin embargo, 12 semanas después de plena floración redujo la incidencia, debido

posiblemente a la capacidad de esta hormona de enlentecer la senescencia inducida por el etileno en la corteza de los cítricos. Almela et al. (1994) determinaron que aplicaciones de GA₃ no reducen el rajado, pero sí lo logran en combinación con el ácido 2-4-diclorofenoxiacético (2,4-D) mediante, el fortalecimiento de la cáscara.

En las condiciones de Israel, una aplicación de 50 mg.l⁻¹ de GA₃ en plena floración, sola o en combinación con anillado, aumentan el rendimiento de la mandarina 'Nova', presentando resultados inconsistentes en cuanto al porcentaje de rajado, mientras que aplicaciones en el fin de caída fisiológica no tuvieron un efecto positivo, probablemente debido a que esta fecha es demasiado tardía para reducir la incidencia (Goren et al., 1992). En 'Ellendale', Rabe y Van Rensburg (1996) encontraron niveles más altos de rajado con aplicaciones de GA₃ en floración, pero sin diferencias significativas con aplicaciones post-floración, debido a un aumento del tamaño del ombligo, que fuerza la extensión de los tejidos del pericarpio. Los mismos autores concluyen que el retraso de la caída fisiológica que ocurre al aplicar GA₃ en floración, aumenta la incidencia del desorden, probablemente como resultado de una excesiva competencia temprana entre frutos, lo que impacta negativamente en los niveles óptimos de división celular.

Cualquier aplicación de GA₃ o 2,4-D posterior al fin de caída fisiológica y tratamientos de anillado, dirigidos a la estimulación del crecimiento de la corteza de 'Ellendale', aumentan los rendimientos significativamente, sin aumento en el rajado (Rabe et al., citados por Stander, 2013).

Las auxinas incrementan el tamaño del fruto mediante el aumento del grosor de la cáscara y la expansión de las células de las vesículas de jugo (El-Otmani et al., citados por Stander, 2013). El 2,4-D puede aumentar la eficiencia del transporte de agua, nutrientes y asimilados, por el aumento de la capacidad del sistema vascular que conecta la fuente (hojas) con la fosa (frutos) (Bustan et al., citados por Stander, 2013).

Según Stander (2013), una aplicación de 10 mg.l⁻¹ de 2,4-D sola, o en combinación con K al 5%, después del fin de caída fisiológica (diciembre HS), reduce la incidencia del rajado en mandarinas 'Marisol', 'Mor' y 'Orri' para las condiciones de Sudáfrica. Una aplicación en enero y febrero de 10 mg.l⁻¹ de 2,4-D, en algunos casos aumenta el número de frutos rajados, lo que indica una disminución en la sensibilidad del fruto a las auxinas sintéticas. En cambio, para naranja Valencia y 'Midnight Valencia' la misma aplicación, sola o en combinación con Ca(NO₃)₂ pero en enero, es la más efectiva, en tanto que la aplicación en diciembre o febrero no son significativas. La estimulación de la expansión de las células, puede ser responsable del aumento de la resistencia de la cáscara, que da lugar a una corteza significativamente más fuerte, especialmente en el extremo estilar. La formación de una capa de abscisión uniforme entre el estilo y el extremo estilar de la corteza, parece ser importante para prevenir el rajado del fruto en esta zona, ya que la pequeña lesión es el punto de partida para este

trastorno. El 2,4-D puede estimular el crecimiento de la corteza, dando como resultado un tejido compacto y sólido. En los frutos sin tratar, el eje floral no se extiende hacia el estilo y después de la abscisión de este, se forma una cavidad que precede al rajado (Stander, 2013).

Coggins y Hield (1968) reportaron que aplicaciones de 2,4-D cuando los frutos son pequeños reducen significativamente el rajado en naranja 'Washington' navel. De Lima y Davies (1981) determinaron para la misma variedad en las condiciones de Florida que aplicaciones de 10 o 20 mg.l⁻¹ de 2,4-D solas o en combinación con 20 mg.l⁻¹ de GA₃, aplicadas dentro de las 10-12 semanas post caída de pétalos, disminuye significativamente la caída de frutos de verano-otoño, atribuyendo como principal factor de esta caída al rajado, mientras que la aplicación por sí sola de GA₃ no reduce el desorden. También Greenberg et al. (2006) reportaron una disminución en mandarina 'Nova' con una aplicación de 2,4-D en frutos de 13 mm con una concentración de 40 mg.l⁻¹. Por su parte, Mupambi (2010) encontró una disminución significativa del rajado en frutos de Clementina 'Marisol' con una aplicación foliar de 2,4-D en plena floración (25 mg.l⁻¹) y en caída de pétalos (15 y 25 mg.l⁻¹), no encontrando diferencias en aplicaciones realizadas después del fin de caída fisiológica. En mandarina 'Nova' García-Luis et al. (2001), comprobaron que la aplicación de 2,4-D en plena floración y en caída de pétalos reduce el rajado, tanto en términos absolutos como relativos. Si bien esta aplicación aumenta notablemente el crecimiento del ombligo, el rajado se reduce por un aumento en el espesor de la cáscara en el extremo estilar. Esta hormona afecta notablemente la estructura de la corteza, que afecta tanto el tamaño celular como el espesor del flavedo.

Mezclas de reguladores del crecimiento y nutrientes pueden tener efectos sinérgicos que reducen los trastornos de la cáscara del fruto. La aplicación de una mezcla de GA₃ y 2,4-D a finales de junio HN (diciembre HS) reduce significativamente el porcentaje de frutos rajados, mejorando la respuesta con la repetición del tratamiento a finales de julio (enero HS) (Almela et al. 1994, Agustí et al. 1995). Estas sustancias aumentan el crecimiento, así como la compacidad de la cáscara mejorando la resistencia de la corteza a la presión de la pulpa (Almela et al., 1994). Aplicaciones en julio (enero HS) de GA₃, citoquininas (CPPU) o mezcla de GA₃ + CPPU con o sin agregado de KNO₃, no dieron resultados significativos para Goren et al. (1992), concluyendo que esta fecha puede ser demasiado tardía para estos tratamientos, ya que estas aplicaciones a principios de la temporada resultaron efectivas cuando la cáscara llega a su espesor máximo.

Rabe y Van Rensburg (1996), concluyen que el rajado se determina muy temprano en el desarrollo del fruto considerando: (i) los niveles muy altos de rajado asociados con los tratamientos realizados en floración para el retraso de la caída de frutos, (ii) los porcentajes similares de rajado obtenidos en ensayos en los que se eliminó una parte importante de la carga de la cosecha en una etapa tardía en el período de

crecimiento del fruto, lo que sugiere un cierto grado de "predestinación al rajado" para frutitos individuales, y (iii) el efecto beneficioso del raleo de flores en la reducción del desorden. Poco, o posiblemente nada, se puede hacer para reducir los niveles de rajado de los frutos después del fin de caída fisiológica, el cual consideran como momento crítico para su control.

2.5.3.2 Control mediante el suministro de agua

Otra forma de reducir el rajado de frutos, y por lo tanto mejorar el rendimiento, podría ser mediante el control del crecimiento del endocarpio, reduciendo la presión interna de la cáscara. Esto se conseguiría reduciendo el suministro de agua durante la etapa II del desarrollo del fruto. El manejo cuidadoso y detallado de las prácticas de riego durante los períodos de crecimiento del fruto, con el objetivo de evitar las fluctuaciones en el contenido de agua en el suelo, es clave en el control del desorden (Rabe et al., citados por Cronjé, 2015).

La reducción del aporte de agua de riego en un 30% a 50% desde el mes de agosto HN (febrero HS) en adelante, reduce la incidencia en mandarina 'Niva' pero no en 'Nova', viéndose afectado negativamente el rendimiento en ambas variedades, debido a la disminución del tamaño de fruto (Goren et al., 1992). La reducción del aporte de agua de riego en un 30% a 60% en mandarina 'Murcott' no alcanzó diferencias significativas en la reducción del desorden en condiciones de baja incidencia de rajado (15,9%), aunque tampoco hubo una disminución en el rendimiento final, pero esta variedad es relativamente insensible al estrés hídrico (Goldschmidt et al., 1992). De Cicco et al. (1988), concluyeron para naranja 'Navelina' en las condiciones de Italia, que cuanto mayor era el agua disponible entre los 40 y 80 cm de profundidad del suelo, menor era la incidencia del rajado. Rabe y Van Rensburg (1996) en discordancia con lo mencionado anteriormente, no encontraron una correlación clara entre la incidencia del rajado y el régimen de precipitaciones para tangor 'Ellendale' en las condiciones de Sudáfrica.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 INSTALACIÓN DE EXPERIMENTOS

El trabajo fue realizado en dos parcelas comerciales de mandarina ‘Nova’, híbrido de mandarina Clementina (*Citrus reticulata* Blanco) y tangelo ‘Orlando’ (*Citrus paradisi* Macf. x *Citrus tangerina* Hort. ex. Tan.): (I) establecimiento Citrícola Salteña S.A., quinta n° 33, Colonia 18 de julio, departamento de Salto (31° LS), plantado en el año 1993, sobre portainjerto *P. trifoliata* [(L.) Raf.], con un marco de plantación de 3 x 7,5 m (444 árboles por hectárea) (Figura 3) y (II) establecimiento Frutícola Libertad S.A., departamento de San José (35° LS), plantado en el año 2002, sobre portainjerto *P. trifoliata* [(L.) Raf.], con un marco de plantación de 1,85 x 5,2 m (1040 árboles por hectárea, Figura 4).

En Salto toda la plantación es de mandarina ‘Nova’, aislada geográficamente de otras variedades, mientras que, en San José, la parcela en estudio se encuentra próxima a otros cultivares de cítricos.



Figura 3. (A) Ubicación de la quinta en la zona de Colonia 18 de julio, Salto. (B) ampliación del establecimiento y ubicación de la parcela utilizada (X).

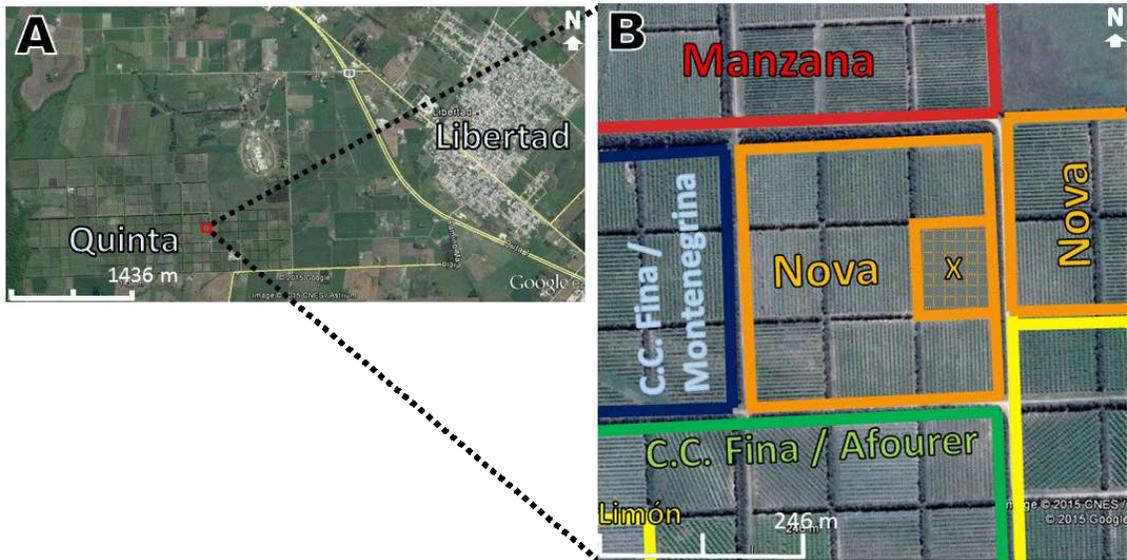


Figura 4. (A) Ubicación de la quinta en la zona de Libertad, San José. (B) ampliación de la parcela utilizada (X) y variedades limítrofes.

En febrero, en Salto se seleccionaron 10 árboles ubicados en una fila con orientación este-oeste, con buen estado sanitario, sin deficiencias nutricionales visibles y homogéneos tanto en volumen de copa como en carga de frutos (Figura 5.A). En San José se marcaron 16 árboles ubicados en dos filas contiguas con orientación norte-sur (Figura 5.B). En ambos casos las plantas contaban con riego localizado. Durante el período en estudio no se hicieron aplicaciones con reguladores de crecimiento.



Figura 5. Fotos de árboles seleccionados. A: en Salto. B: en San José.

3.2 ACTIVIDADES DE CAMPO Y LABORATORIO

3.2.1 Evolución de la incidencia y severidad del rajado de frutos

A partir del 18 y 20 de febrero y hasta el 6 y 25 de mayo, en Salto y San José respectivamente, con frecuencia quincenal se contabilizó y eliminó el número de frutos rajados por árbol discriminándolos por lado. Lo mismo se realizó, en el caso de que existieran, frutos rajados caídos en el piso.

A los frutos rajados se les midió con calibre digital (precisión 0,01mm) el diámetro polar y ecuatorial y se calculó la relación entre ellos.

Los frutos rajados se clasificaron en dos categorías de acuerdo a la orientación del daño: polar y ecuatorial. En los que presentaron rajado polar, se establecieron 4 niveles de severidad según el porcentaje de la circunferencia rajada: (A) inicial o estrella, (B) medio (hasta un 25% de la circunferencia polar del fruto rajado), (C) severo (entre un 25% y un 50%) y (D) total (más del 50%) (Figura 6). Los frutos con rajado ecuatorial se clasificaron en: (A) medio, (B) severo y (C) total (Figura 7).

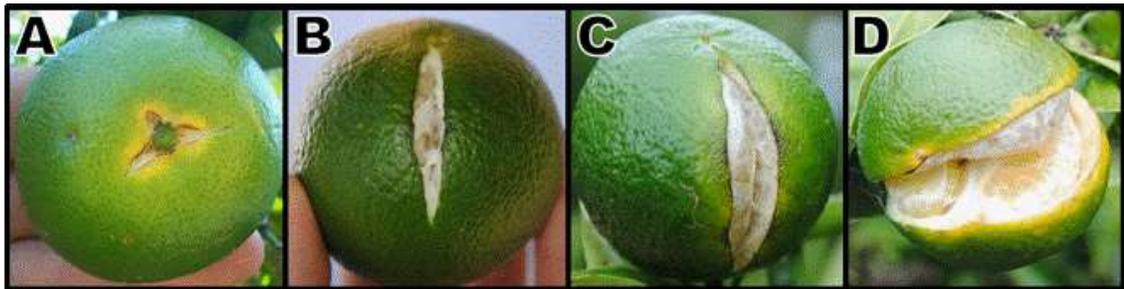


Figura 6. Rajado polar de frutos de mandarina 'Nova'. Escala de severidad: A. Rajado inicial o estrella en la zona peduncular. B. Rajado medio, hasta un 25% de la circunferencia polar del fruto rajado. C. Rajado severo, entre un 25% y un 50% de la circunferencia rajada. D. Rajado total, más del 50% de la circunferencia rajada.



Figura 7. Rajado ecuatorial de frutos de mandarina ‘Nova’. Escala de severidad: A. Rajado medio, hasta un 25% de la circunferencia ecuatorial del fruto rajada. B. Rajado severo, entre un 25% y un 50% de la circunferencia rajada. C. Rajado total, más del 50% de la circunferencia rajada.

En la cosecha se contabilizaron todos los frutos por árbol, para el cálculo del porcentaje de rajado final. De cada árbol se obtuvo una muestra al azar de 55 frutos sanos. En el laboratorio se les midió el diámetro ecuatorial, polar y el grosor de piel a 50 frutos, mientras que a los 5 restantes se les analizó la calidad interna, evaluando peso de fruto (con balanza digital 0,01 g de precisión), porcentaje de jugo (p/p), contenido de sólidos solubles totales en °Brix (con refractómetro manual 0,2 ° Brix de precisión a 20 °C), acidez obtenida a partir de la titulación de 10 mg de jugo con hidróxido de sodio (0,1 N) con 3 gotas de fenolftaleína (1%) como reactivo indicador, y se calculó la relación entre estos dos componentes (ratio).

3.2.2 Caracterización del suelo y contenido hídrico

En cada localidad, en una zona al azar de la parcela se realizó con un calador, un perfil de suelo en la fila, para determinar la diferenciación textural y la distribución de las raíces hasta una profundidad de 99 cm en Salto y 74 cm en San José (Figura 8).

De acuerdo con la profundidad de arraigamiento de ambos perfiles (Anexos), se determinaron las profundidades de muestreo para el balance hídrico del suelo: 0 a 20 y 20 a 45 cm en Salto y 0 a 20 cm y 20 a 40 cm en San José.

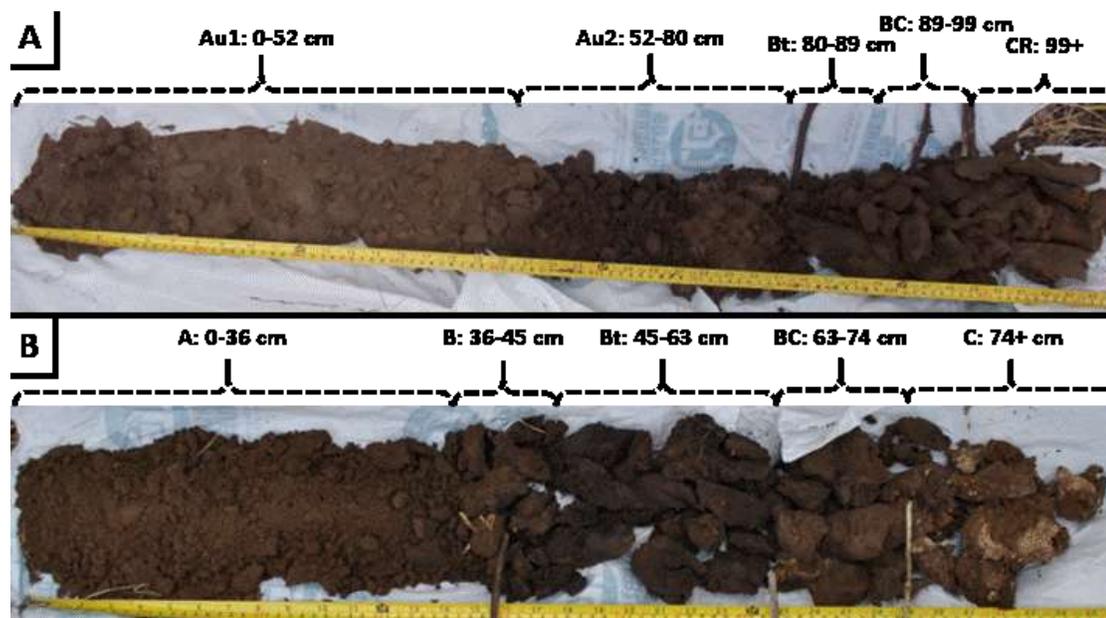


Figura 8. Perfiles de suelo. A: Salto, B: San José.

En Salto, para determinar la textura del suelo en la fila, se tomaron con taladro holandés y calador, dos muestras compuestas de 1,5 kg aproximadamente y se analizaron en el laboratorio de análisis de suelos, plantas y agua de INIA La Estanzuela. En el caso de San José, ya se contaba con los análisis de textura (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de contenido de materia orgánica y textura del suelo en Salto y San José.

	Profundidad	% Materia Orgánica	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clasificación
Salto	0-20 cm	0,46	94	4	2	Arenoso
	20-40 cm	0,4	94	3	3	Arenoso
San José	-	2,9	16	52	32	Franco Limoso Arcilloso

El contenido de agua a capacidad de campo (CC) y a punto de marchitez permanente (PMP), y la densidad aparente (Dap) se determinaron a campo según la metodología descrita por García et al. (2012).

Se seleccionó un sector representativo de la parcela, sin pendiente, se marcó una superficie de 1 m x 1 m. Se eliminó toda la vegetación y los primeros cm de suelo y

se creó un borde elevado de tierra, para evitar pérdidas de agua por consumo de la vegetación y por drenaje superficial (Figura 9).

Se calcularon los milímetros de agua necesarios para saturar el suelo en los primeros 50 cm (asegurando la saturación completa de los primeros 40-45 cm). Se necesitaron 8 mm cada 10 cm de profundidad para llevar el suelo a capacidad de campo y 15 mm más cada 10 cm de profundidad para saturarlo, lo que sumó 23 mm cada 10 cm de profundidad, totalizando 115 mm o 1.15 m^3 para los 50 cm de suelo.

Se cubrió el cuadrado con un nylon transparente de aproximadamente 2 m x 2 m para prevenir pérdidas por evaporación e ingreso de agua. En Salto, el nylon se retiró a las 48 hrs y en San José a las 72 hrs, asumiéndose que el suelo estaba en condiciones de capacidad de campo. Se sacaron muestras compuestas del centro del cuadrado, de 5 tomas cada una, con un peso aproximado de 500 g, para cada profundidad, utilizando calador y taladro holandés.



Figura 9. Foto de la zona donde se realizaron los estudios de contenido de agua a capacidad de campo (CC) y a punto de marchitez permanente (PMP) y densidad aparente (Dap), parcela de Salto.

Las muestras se pesaron en fresco y posteriormente se secaron en estufa a 105°C por 48 horas y se obtuvo el peso en seco. Con estos datos se calculó el contenido de agua a capacidad de campo y a partir de esta, el punto de marchitez permanente.

Para el cálculo de densidad aparente se tomaron un total de 5 muestras para cada profundidad, de diferentes zonas de la parcela, representativas del sector donde se riega, a unos 25 cm aproximadamente del gotero. El muestreo se realizó con un taladro que obtiene muestras no perturbadas dentro de cilindros metálicos con dimensiones

conocidas, las cuales se envolvieron inmediatamente con papel film para no perder suelo. Para obtener las muestras entre 0-20 cm se sacó el tapiz vegetal cuando fue necesario; para muestrear entre 20-40 cm fue necesario extraer todo el horizonte superficial con una pala de corte con el fin de evitar contaminación en el muestreo. Las muestras fueron llevadas al laboratorio donde se saturaron en agua por 24 horas y posteriormente se recortó el suelo que sobresalía del cilindro, en caso de presentar arcillas expansivas, como en San José. Se secaron en estufa a 105°C por 48 h, se tomó el peso en seco de la muestra y se calculó la densidad aparente del suelo.

Se calculó un balance hídrico para el cual se recolectaron los datos de riego y precipitaciones de cada establecimiento. Para comprobar el verdadero volumen de agua aplicado en el riego, se midió el caudal en ocho goteros por localidad, en un tiempo de un minuto por medición y con el tiempo que se regó por jornada y la distancia entre goteros, se estimó el volumen de agua aplicada.

La evapotranspiración (Eto) “pennam” se extrajo del banco de datos agroclimáticos de INIA. GRAS (2016) para las estaciones Salto Grande y Las Brujas. El coeficiente del cultivo (kc) se tomó de los datos que proporciona FAO. WATER (2015), para climas subtropicales con lluvias de invierno, y fue corregido según el marco de plantación y el volumen de copa (que se asimiló a una esfera), para lo cual se midieron y promediaron el diámetro polar y dos diámetros ecuatoriales (paralelo y perpendicular a la fila) de todos los árboles en estudio.

Para corroborar los resultados de disponibilidad hídrica estimada con el balance, periódicamente se tomaron muestras compuestas de 500 g de suelo en la fila, a unos 25 cm del gotero para las dos profundidades antes mencionadas. Estas fueron pesadas en fresco, se secaron en estufa a 105°C por 48 horas y se pesaron para obtener el porcentaje de agua.

Con los datos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente se calculó el agua disponible para cada suelo. El agua fácilmente disponible equivale al 50% del agua disponible y también se obtuvo el coeficiente de estrés hídrico (ks) (FAO, 2006).

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los diferentes análisis estadísticos fueron realizados con el programa RStudio, versión 2015.

Respecto al rajado se analizó:

- (I) porcentaje de frutos rajados entre fechas dentro de cada localidad
- (II) porcentaje de frutos rajados por fecha entre localidades

(III) porcentaje de frutos rajados por cada lado de la fila dentro de cada fecha y localidad.

El modelo utilizado fue un diseño completamente al azar, los tratamientos fueron (II) localidades (Salto y San José); (III) caras de la fila (norte y sur en Salto, este y oeste en San José).

La unidad experimental fue un árbol cítrico, realizándose en total 10 repeticiones en Salto y 16 en San José. La variable dependiente fue el porcentaje de frutos rajados respecto al total de frutos cosechados.

En el análisis II el diseño estaba desbalanceado ya que se hicieron 10 repeticiones en Salto y 16 repeticiones en San José, por lo que la modificación que se hizo fue la ponderación de la suma de cuadrados por el número de observaciones con las que se contó para obtener cada media.

Por otra parte, se compararon diferentes datos de calidad externa de los frutos obtenidos en la cosecha para cada localidad los cuales fueron: Número de frutos cosechados por metro cúbico de copa, peso de fruto (g), diámetro ecuatorial, polar (mm) y su relación, y grosor de piel (mm). El modelo utilizado para todos los análisis fue diseño completamente al azar comparándose Salto y San José. En este caso la unidad experimental fue un fruto cítrico. Se hizo la misma corrección que se había realizado anteriormente para el diseño desbalanceado.

Todas las variables se analizaron mediante un análisis de varianza. La separación de medias se hizo con prueba de Tukey.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVOLUCIÓN DE LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DEL RAJADO DE FRUTOS

El rajado de frutos en la zona de Salto comenzó su manifestación a principios de febrero (primera evaluación el 18 de febrero), alcanzó su máximo en marzo, disminuyendo hacia el mes de abril junto con la detención del crecimiento y el cambio de color (Figura 10). En total se contabilizó un promedio de 42 frutos rajados por árbol (Cuadro 2), de los cuales, el 74 % se visualizó hasta el mes de marzo (Figura 10, Cuadro 3). El número promedio de frutos por árbol fue 578 por lo que el porcentaje de rajado alcanzó el 7,2 del total de frutos producidos (Cuadro 2). El rajado polar fue el tipo predominante, alcanzando el 96,6 % de los frutos afectados (40 frutos por árbol). No existieron diferencias significativas entre el lado norte y sur de la fila (Tukey, $p \leq 0,05$, datos no presentados).

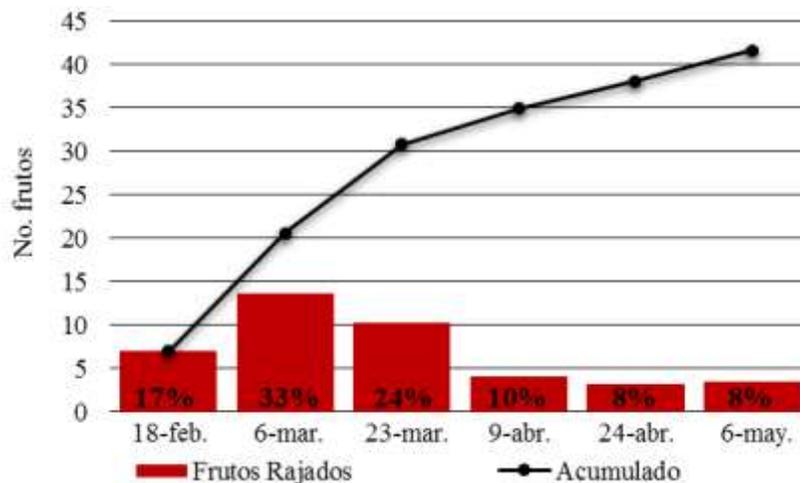


Figura 10. Evolución del número de frutos rajados, promedio por árbol, en Salto, por fecha de muestreo y acumulado, desde febrero hasta mayo (cosecha). Valores en porcentaje indican la distribución de los frutos rajados en el período de estudio.

Cuadro 2. Número de frutos por árbol (número de frutos cosechados + número de frutos rajados), número de frutos rajados y porcentaje de frutos rajados en Salto y San José.

	Salto	San José
Número de frutos/árbol	578 a*	534 a
Número de frutos rajados	42 a	9 b
Porcentaje de frutos rajados	7,2 a	1,6 b

*Letras distintas indican diferencias significativas entre columnas (Tukey, $p \leq 0,05$).

En San José el rajado comenzó a manifestarse también en el mes de febrero (primera evaluación el 20 de febrero), alcanzó su máximo a fines de marzo y abril y se extendió hasta el mes de mayo (68% en los meses de abril y mayo) (Figura 11, Cuadro 3).

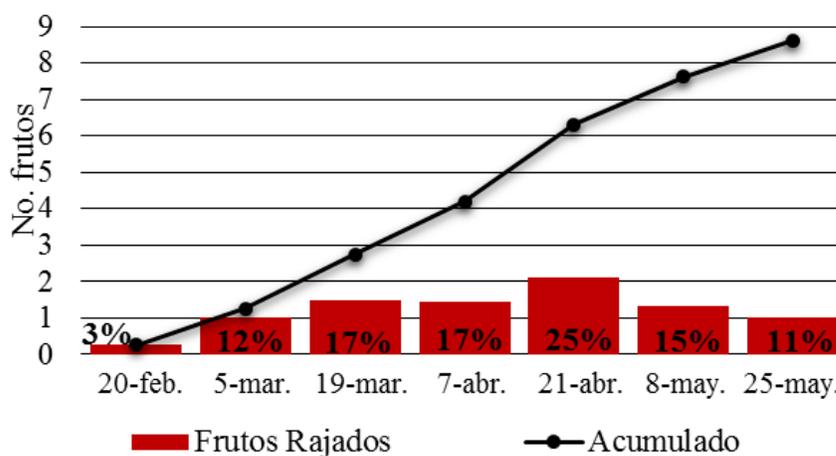


Figura 11. Evolución del número de frutos rajados promedio por árbol, en San José, por fecha de muestreo y acumulado, desde febrero a cosecha. Valores en porcentaje indican la distribución de los frutos rajados en el período de estudio.

La incidencia en esta localidad fue menor que en Salto, alcanzando en promedio un total acumulado de 9 frutos rajados por árbol. El número promedio de frutos por árbol fue 534 con un porcentaje de rajado de 1,60 del total de frutos producidos (Cuadro 2). Todos los frutos presentaban rajado de tipo polar.

Al igual que en Salto, no se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de rajado entre ambas caras de la fila (Tukey, $p \leq 0,05$, datos no presentados).

El rajado de frutos de mandarina ‘Nova’ fue 5 veces superior en Salto, que en San José. La mayor parte de esa diferencia se generó desde fines de febrero hasta principios de abril; a partir de ese momento, el número de frutos rajados se equiparó entre ambas localidades no existiendo diferencias significativas en la quinta fecha de evaluación (Cuadro 3).

El volumen de copa promedio de los árboles en estudio es mayor en Salto que en San José ($9,15 \text{ m}^3$ y $3,51 \text{ m}^3$ respectivamente), por lo tanto, al comparar el número de frutos rajados por metro cuadrado, los valores se asemejan aún más, siendo significativamente superior el rajado en San José el día 21 de abril y no existiendo diferencias significativas en los días 7 de abril y 8 de mayo (datos no presentados).

Cuadro 3. Número de frutos rajados y distribución porcentual por fecha de muestreo en Salto y San José, y comparación entre localidades.

Fecha	Salto				San José			
	Frutos.árbol ⁻¹		%		Frutos.árbol ⁻¹		%	
20-feb.	7	A*	17	bc	0,25	B	3	b
5-mar.	13,6	A	33	a	1	B	12	ab
19-mar.	10,2	A	24	ab	1,5	B	17	ab
7-abr.	4,1	A	10	c	1,44	B	17	ab
21-abr.	3,2	A	8	c	2,13	A	25	a
8-may.	3,5	A	8	c	1,31	B	15	ab
25-may.					1		11	ab
Total	42	A	100		9	B	100	

*Letras distintas difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0,05$). Letras mayúsculas indican diferencias entre las columnas (entre localidades), letras minúsculas indican diferencias dentro de la columna (fechas dentro de la misma localidad).

El período de rajado coincidió con lo reportado por varios autores en distintas partes del mundo (Erickson 1957, Almela et al. 1986, Almela y Agustí 1992, Goldschmidt et al. 1992, Goren et al. 1992, Almela et al. 1994, García-Luis et al. 1994, Agustí 1996, Goodwin 2008). Comenzó en febrero, durante la fase II del crecimiento del fruto y finalizó junto con el cambio de color hacia finales del ciclo.

De acuerdo a Almela et al. (1986), a mayor intensidad, el desorden comienza antes, lo que podría explicar la anticipación del rajado en Salto en comparación con San José.

En ambas localidades predominó el rajado polar comenzando este por el extremo estilar en forma similar a lo reportado por Goldschmidt et al. (1992), García-Luis et al. (1994), Goodwin (2008). Sin embargo, el rajado de varios frutos, sobre todo en San José, que se registraron como tipo polar, no se inició por este extremo, sino por diferentes puntos en los que probablemente la resistencia de la corteza se haya visto disminuida (Almela y Agustí 1992, Agustí et al. 1995). De igual manera, se registró en Salto una mínima cantidad de frutos con rajado ecuatorial ya mencionado por Erickson (1968), García-Luis et al. (1994).

En San José predominaban los frutos con el extremo estilar bien cerrado y el 20% de los frutos rajados aun presentaban el estilo (Figura 12.A). Al respecto García-Luis et al. (1994), concluyen que en frutos con el extremo estilar cerrado no hay tensión y por lo tanto es menor la probabilidad de rajarse. Sin embargo, se pudieron observar frutos rajados con estas características (Figura 12.B). En Salto, la mayoría del rajado

comenzaba en el extremo estilar y se observó mayor frecuencia de un segundo fruto en crecimiento expuesto (Figura 12.C).

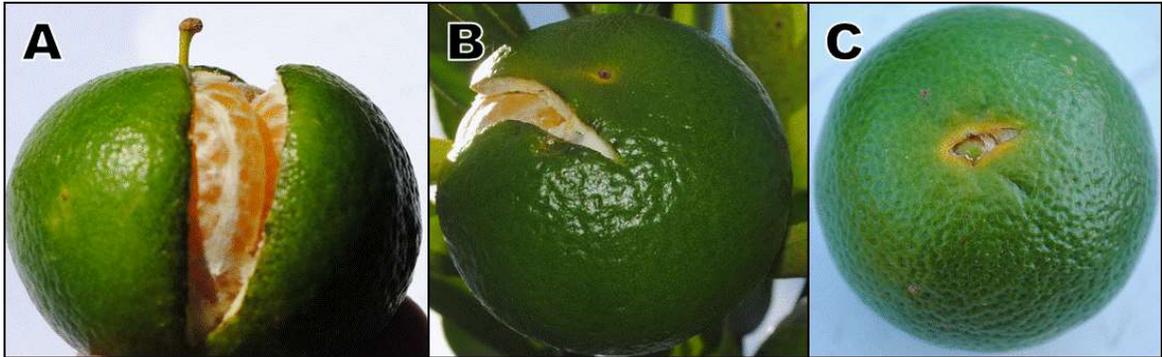


Figura 12. A. Rajado con presencia del estilo. B. Rajado con el extremo estilar cerrado. C. Rajado con el extremo estilar abierto y presencia de segundo fruto en crecimiento.

A pesar de las diferencias entre ambas localidades, el porcentaje de frutos rajados en ambos experimentos fue mucho menor que lo reportado para esta variedad en otras regiones del mundo. Hay reportes para la misma variedad en España de hasta 33,4% (Almela et al., 1986), 36,4% (Almela et al., 1994), 21,5% (García-Luis et al., 1994), o 18% (García-Luis et al., 2001); en Israel 35% (Greenberg et al., 2006), o en Sudáfrica hasta un 26% (Barry y Bower, 1997).

En el cuadro 4 se detallan las características externas de los frutos para ambas localidades, que se citan como probables causas del rajado.

Cuadro 4. Comparación entre ambas localidades de las características externas de los frutos que pueden incidir en el rajado. Datos calculados a partir de un total de 50 frutos por repetición en cada localidad en el momento de la cosecha. Se presenta además la relación de diámetros que es comparada con la relación calculada en la primera fecha de muestreo en febrero.

	Salto	San José
No. frutos.m ⁻³ de copa	66 b	155 a
Peso fruto (g)	129,3 a	116,42 b
Diámetro ecuatorial (mm)	63,83 ns	63,09 ns
Diámetro polar (mm)	53,75 ns	52,07 ns
Rel. diámetro ecu./pol. febrero (frutos sanos)	1,13 ns	1,15 ns
Rel. diámetro ecu./pol. febrero (frutos rajados)	1,25 ns	1,24 ns
Rel. diámetro ecu./pol. cosecha (frutos sanos)	1,19 ns	1,21 ns
Rel. diámetro ecu./pol. cosecha (frutos rajados)	1,24 ns	1,22 ns
Grosor de piel (mm)	2,56 ns	2,63 ns

*Letras distintas indican diferencias significativas entre columnas (Tukey, $p \leq 0,05$).

En la localidad que hubo más rajado (Salto), los frutos presentaron un mayor tamaño en peso, coincidiendo con lo reportado por De Lima y Davies (1981), pero no así en diámetro. El tamaño de los frutos está inversamente relacionado con el número de frutos por árbol, que fue mayor en San José, comparando el número de frutos por metro cúbico de copa, ya que en esta localidad los árboles eran de porte más chico. Si bien algunos autores encontraron una asociación positiva entre la carga frutal y el rajado (Stander 2013, Cronjé et al. 2014) en este caso, al igual que concluyeron García Luis et al. (1994), no se confirmó el efecto de este factor en la incidencia del desorden.

El fruto de mandarina ‘Nova’ tiene una forma levemente achatada, lo cual lo hace propenso al rajado (Considine y Brown 1981, De Cicco et al. 1988, García-Luis et al. 2001). No se encontraron diferencias significativas en el diámetro ecuatorial, polar y su relación, entre ambas localidades. Esto no coincide con García-Luis et al. (2001), quienes reportaron que frutos con una relación entre diámetros ecuatorial/polar menor a 1,15 a mediados de agosto HN (febrero HS) no se rajaban durante el desarrollo posterior.

Comparando la relación de diámetros que existía al comienzo del estudio (febrero) con la de la cosecha, se observó que los frutos sanos se volvieron significativamente más achatados en ambas localidades, pero no se encontraron diferencias entre estas dos etapas, en los frutos rajados, esta relación no marcó una tendencia clara en el avance del desarrollo del fruto (Figura 13). A su vez, comparando la relación en frutos sanos y rajados se observó que estos últimos presentaron significativamente mayor relación en Salto, lo que los hacía más propensos al desorden,

al igual que en San José en febrero, pero no así en cosecha. En resumen, no queda bien dilucidado que el diámetro ecuatorial o polar, así como su relación sea un factor preponderante en la incidencia del rajado.

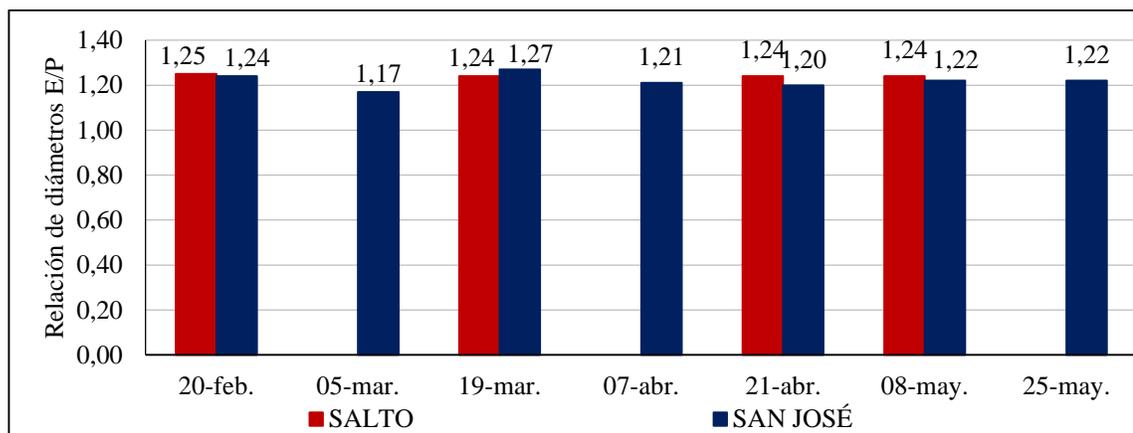


Figura 13. Evolución de la relación de diámetros ecuatorial/polar de frutos rajados en todas las fechas de muestreo, por localidad. En la segunda y cuarta fecha no se calibraron frutos en Salto mientras que en la última fecha en esta localidad ya se había cosechado.

El grosor de la piel a nivel del ecuador no presentó diferencias entre localidades. Algunos autores encontraron una relación entre este factor y el rajado, no obstante, las diferencias de grosor entre un fruto sano y uno rajado pueden estar en la zona del extremo estilar (De Cicco et al. 1988, Almela et al. 1994, Stander 2013). Por su parte, al igual que en este trabajo, García Luis et al. (2001) no encontraron relación entre el grosor de piel en la sección ecuatorial y el desorden. La presencia de semillas puede jugar un rol importante en el grosor de la cáscara mediante una regulación hormonal (Cronjé et al., 2014). Si bien en este trabajo el número de semillas no se contabilizó, la parcela de Salto, que estaba aislada geográficamente de la polinización cruzada, presentó visiblemente menor número de semillas que la de San José que estaba rodeada de variedades con polen compatible.

No hay reportes de que los indicadores de calidad interna de los frutos influyan en la incidencia del rajado. En Salto los frutos sanos cosechados tuvieron en promedio 48,71 % de jugo, 11,28 °Brix, 1,10 de acidez y una ratio de 10,29, mientras que en San José tuvieron 51,02 % de jugo, 11,59 °Brix, 1,06 de acidez y una ratio de 11,01.

4.2 RELACIÓN ENTRE EL RAJADO Y CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS

Las precipitaciones totales en Salto en el trimestre febrero-abril alcanzaron los 121 mm, ubicándose muy por debajo de la media histórica que es de 321 mm (INIA.

GRAS, 2016). En San José, las precipitaciones registradas en el período fueron levemente superiores (143 mm), aunque también estuvieron muy por debajo de la media histórica (338 mm, INIA. GRAS, 2016).

En Salto se aplicó mediante riego por goteo un total de 147 mm efectivos de agua, empleando 1,9 mm por día. Este se cortó por no más de 48 horas, únicamente luego de ocurrida una precipitación mayor a 20 mm y en la semana previa a la cosecha. En San José se aplicó mediante el mismo mecanismo un total de 142 mm, el cual se repartió en forma diferencial según la duración del riego diario, siendo este entre 1,2 y 4,4 mm por día. En este establecimiento el riego se manejó de acuerdo a un balance hídrico cortando o reduciéndose luego de ocurrida una precipitación o cuando el nivel hídrico del suelo estuviera por encima del punto de estrés hídrico.

Con estos datos y las características del suelo, se realizó un balance hídrico, el cual se presenta en las figuras 14 y 15 para cada localidad.

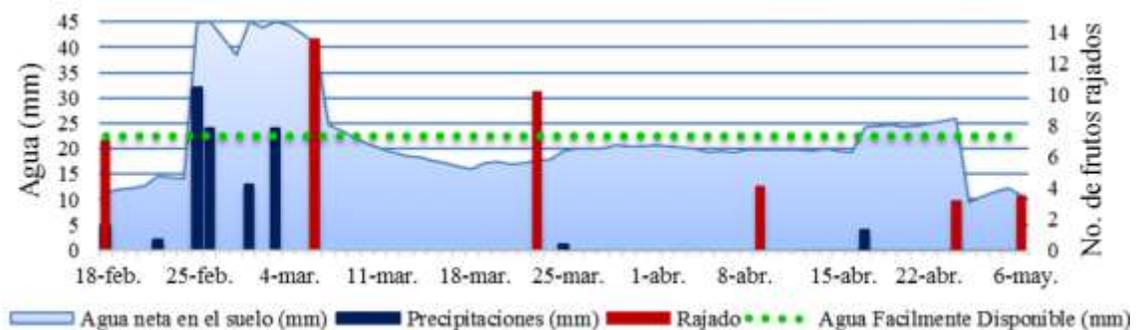


Figura 14. Balance Hídrico de Salto y Comparación con la incidencia de rajado. Área celeste: agua neta en el suelo (= mm netos fecha anterior – ETP + precipitaciones + riego); barras azules: precipitaciones diarias registradas en el establecimiento; línea verde punteada: nivel mínimo de agua fácilmente disponible por debajo de la cual se presentaría un estrés hídrico; Barras rojas: número de frutos rajados por árbol por fecha de muestreo.

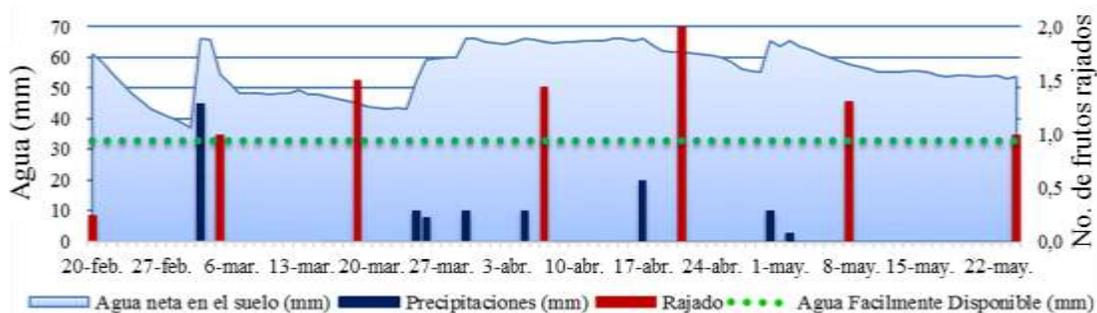


Figura 15. Balance Hídrico de San José y Comparación con la incidencia de rajado. Área celeste: agua neta en el suelo (= mm netos fecha anterior – ETP + precipitaciones + riego); barras azules: precipitaciones diarias registradas en el establecimiento; línea verde punteada: nivel mínimo de agua fácilmente disponible por debajo de la cual se presentaría un estrés hídrico; Barras rojas: número de frutos rajados por árbol por fecha de muestreo.

En Salto, el suelo permaneció la mayor parte del tiempo con un nivel hídrico por debajo del mínimo de agua disponible, generando condiciones de estrés. El análisis de la textura resultó en una composición de 94 % de arena, 4% de limo y 2 % de arcilla, lo que le confirió una baja capacidad de retención de agua, que no fue cubierta con el riego aplicado.

En San José, por el contrario, el nivel hídrico del suelo se mantuvo todo el período por encima del nivel mínimo de agua disponible, como consecuencia de las precipitaciones, el agua aplicada mediante el riego y las características texturales del suelo (16% de arena, 52% de limo, 32% de arcilla).

Estas diferencias hídricas entre ambos experimentos, proveen una explicación a la mayor incidencia de frutos rajados en el experimento de Salto. La disponibilidad hídrica suficiente, es uno de los factores determinantes para disminuir la incidencia de rajado, concordando con Koo (1961), y además la disponibilidad irregular de agua (teniendo en cuenta no solo las precipitaciones sino el nivel hídrico total del suelo), también puede incidir (Cook 1913, Coit 1915, Cohen et al. 1970, Kaufmann 1970, De Lima y Davies 1981).

Si bien esta temporada fue particularmente seca, las precipitaciones en Uruguay son mayores y en promedio tienen una distribución homogénea a lo largo del año, no presentando estaciones marcadas, a diferencia de lo que ocurre en la zona del mediterráneo, con climas cálidos y muy secos en verano y una estación de lluvias que comienza al final del ciclo de desarrollo del fruto y duran todo el invierno, como en Israel (Cohen y Rassis 1972, Goren et al. 1992, Goldschmidt et al. 1992), o en España (Bono et al., 1988).

Analizando en detalle la influencia de la disponibilidad hídrica en la incidencia del rajado, se realizó una comparación entre los frutos rajados por fecha de muestreo y la disponibilidad hídrica que predominó en los días previos al muestreo dentro de cada localidad (Cuadro 5).

Cuadro 5 Comparación entre el número de frutos rajados por árbol y la disponibilidad hídrica del suelo por fecha y por localidad. Valores en porcentaje indican el total de frutos rajados distribuido por fecha de muestreo. Nivel mínimo de agua fácilmente disponible: 22,56 mm y 32,99; Nivel máximo de agua disponible: 45,11 mm y 65,98 mm, en Salto y San José respectivamente.

Fecha	Rajado				Humedad del suelo	
	Salto		San José		Salto	San José
	Frutos.árbol ⁻¹	%	Frutos.árbol ⁻¹	%		
20-feb.	7	1,2 A	0,25	0,05 B	17,3	35,10
5-mar.	13,6	2,4 A	1	0,19 B	31,9	51,60
19-mar.	10,2	1,8 A	1,5	0,28 B	18,6	47,90
7-abr.	4,1	0,7 A	1,44	0,27 B	19,3	58,50
21-abr.	3,2	0,6 A	2,13	0,40 A	21,5	66,00
8-may.	3,5	0,6 A	1,31	0,25 B	11,7	60,50
25-may.			1	0,19		54,70
TOTAL	41,6	7,2	8,63	1,62		

Al igual que se observó en la figura 14, en Salto, donde el rajado fue mayor, en las tres primeras fechas el nivel hídrico osciló entre niveles de estrés y de suficiencia, debido principalmente a las grandes precipitaciones ocurridas, esta oscilación puede haber sido influyente en los niveles de rajado ya que justamente en este mismo período la incidencia del desorden fue mayor. En la localidad de San José, como se detalló en la figura 15, el suelo nunca presentó estrés hídrico, por el contrario, llegó a saturarse en la antepenúltima fecha (nivel máximo de agua disponible en el suelo 66 mm) lo que coincidió con el mayor período de rajado en esta localidad.

En resumen, las alteraciones presentadas en los niveles hídricos tanto en los niveles de estrés y suficiencia, como de suficiencia y saturación, debido principalmente a importantes períodos de lluvia, pueden ser una de las causas del aumento de los niveles de rajado, coincidiendo con Mesejo et al. (2016), quienes encontraron que las irregularidades en el estado hídrico del suelo debido a las interacciones entre la humedad del suelo, el portainjerto y las condiciones climáticas, incrementaron significativamente la incidencia del rajado.

Si bien la disponibilidad hídrica puede influir en el rajado, ésta no es la única causa. Existen otras variables que también son influyentes y en gran medida, tanto climáticas, apuntando a la temperatura como principal factor, así como propias de la variedad.

Además del nivel hídrico del suelo, la temperatura es otro factor ambiental que puede estar incidiendo en el rajado. Temperaturas más altas tanto en invierno (Cohen et al., 1992) como en fase I del crecimiento del fruto (Coit 1915, Reuther et al. 1973, Cronjé et al. 2014) promueven el desarrollo de una cáscara más fina y por ende un mayor rajado. Extrayendo registros de INIA. GRAS (2016) para las dos localidades estudiadas se encontró una diferencia de aproximadamente 2°C tanto en el período invernal como en el periodo de crecimiento del fruto, siendo mayor en donde hubo mayor rajado. El promedio de temperaturas máximas y mínimas mensuales para cada localidad se diferenció de manera similar a la temperatura media. En el total del ciclo, las tres temperaturas fueron significativamente superiores en Salto (Tukey, $p \leq 0,05$), (Figura 16). Temperaturas más altas promueven una mayor tasa de crecimiento del fruto, si la cáscara no crece a la misma velocidad que lo hace la pulpa es más propensa a rajarse, por lo tanto, un gran desarrollo del fruto en un menor periodo de tiempo puede ser una de las causas de rajado (Coit 1915, Kaufmann 1970, Cohen y Rassis 1972, Goldschmidt et al. 1992, Barry y Bower 1997, Cronjé et al. 2014).

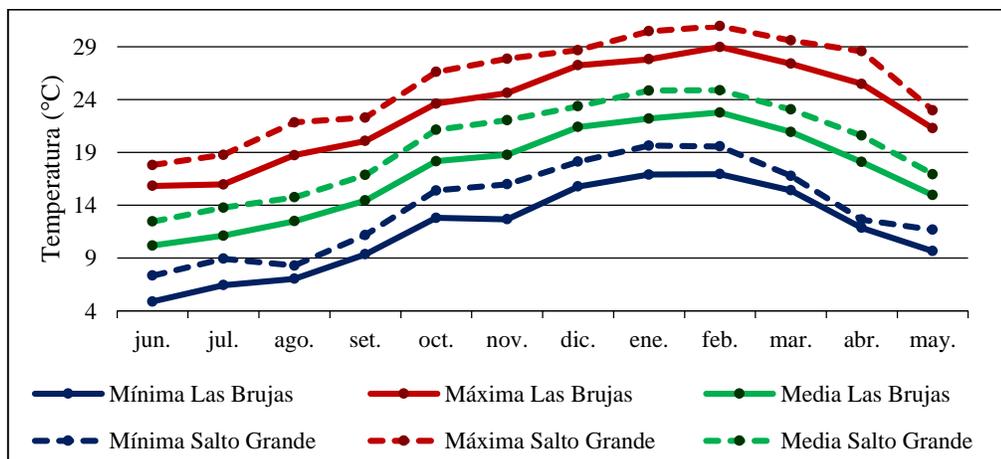


Figura 16. Temperaturas mínimas, máximas y medias, registradas entre los meses de junio de 2015 y mayo de 2016, correspondientes a las estaciones experimentales de INIA Salto Grande y Las Brujas por ser las más cercanas a los establecimientos donde se realizó el estudio (Salto y San José respectivamente).

El rajado de los frutos cítricos es un desorden complejo que no presenta un único factor promotor. Diversos componentes ambientales y propios de la variedad son causa de este los cuales tienen que seguir siendo estudiados con el fin de dilucidar los efectos del año y poder confirmar los resultados aquí presentados.

5. CONCLUSIONES

La incidencia de frutos rajados fue 7,7 % en Salto y 1,2 % en San José. El período de mayor rajado fue marzo en el norte y fin de marzo-principios de abril en el sur.

La mayoría de los frutos se rajaron en sentido polar. Las características de las relaciones diámetro ecuatorial: diámetro polar, grosor de piel y tamaño de frutos, no se asociaron con la incidencia del desorden.

El déficit hídrico más severo y mayores oscilaciones en la disponibilidad hídrica del suelo, verificado en Salto durante el período de estudio, fue el principal factor asociado a la mayor incidencia de rajado en esta localidad.

6. RESUMEN

La mandarina ‘Nova’ es un cultivar que se viene desarrollando de forma importante en el Uruguay desde la década del 90, siendo actualmente junto con la mandarina ‘Satsuma’, la principal variedad en producción. Se caracteriza por ser una variedad autoincompatible de baja capacidad partenocárpica en las condiciones de nuestro país. El fruto es de piel lisa y fina con un atractivo color anaranjado-rojizo, pero propenso a abrirse por la región estilar. El rajado o ‘splitting’ es el principal desorden fisiológico que afecta a esta variedad; en general comienza como una pequeña grieta en el extremo estilar del fruto y provoca la apertura de estos y su posterior caída prematura. Ante la falta de información de este desorden en nuestro país se plantearon los siguientes objetivos: 1) evaluar la incidencia del rajado de frutos de mandarina ‘Nova’ en dos condiciones edafo-climáticas y 2) determinar si existe una relación entre el rajado de frutos y la disponibilidad hídrica del suelo. Para esto se utilizaron 10 árboles en Salto (suelo arenoso) y 16 en San José (suelo arcilloso), en los cuales se contaron y eliminaron los frutos rajados cada 15 días, desde febrero a mayo (cosecha); en paralelo se realizó diariamente un balance hídrico del suelo. En la cosecha se contabilizó el número total de frutos por árbol. La incidencia de frutos rajados alcanzó el 7,7 % del total en Salto y el 1,2 % en San José. El período de mayor rajado fue marzo en el norte y abril en el sur. La mayoría de los frutos se rajaron en sentido polar. Las características de las relaciones diámetro ecuatorial: diámetro polar, grosor de piel y tamaño de frutos, no se asociaron con la incidencia del desorden. Gran parte de los frutos rajados presentaron el extremo estilar abierto y un segundo fruto en crecimiento. Déficits hídricos más severos y mayores oscilaciones en la disponibilidad hídrica del suelo en Salto durante el período de estudio, fueron los principales factores asociados a la mayor incidencia de rajado.

Palabras clave: Agua disponible; *Citrus*; Desorden fisiológico; Forma del fruto; Splitting.

7. SUMMARY

'Nova' mandarin is a cultivar that has been developed significantly in Uruguay since the 90s. It is currently, along with the 'Satsuma' mandarin, the main variety in production. It is characterized by being a self-incompatible parthenocarpic variety, of low fruit set capacity in the conditions of our country. Fruit has smooth, thin skin with an attractive orange-red color, but it is prone to stylar end opening. Splitting is the main physiological disorder that affects this variety; usually it begins as a small crack in the stylar end of the fruit and causes the opening of these, with the subsequent premature fall. Due to the scarce information we have in our country about this disorder, we set the following objectives: 1) to evaluate the incidence of splitting of 'Nova' mandarin fruits in two environmental conditions and 2) to determine the relationship between this disorder and the soil's water availability. Ten trees growing in Salto (sandy soil) and sixteen in San José (clay soil) were used. Split fruit each 15 days from February to May (harvest) were counted and removed, and a daily soil water balance was performed. At harvest, total number of fruits per tree was counted. The incidence of cracked fruits was 7.7% in Salto and 1.2% in San José. The period of the greatest fruit splitting was in March in the north and April in the south. Most fruits split in a polar sense. Equatorial: polar diameter ratio, skin thickness and fruit size, were not associated with the incidence of the disorder. Most of the fruits showed a little stylar-end aperture and an incipient navel. More severe water deficits and greater fluctuations in water availability in Salto during the period of the study, were the main factors associated with the greatest incidence of splitting.

Keywords: Water availability; *Citrus*; Physiological disorder; Fruit shape; Splitting.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agustí, M.; Zaragoza, S.; Almela, V.; Primo-Millo, E. 1995. El control de Splitting y Cold pitting; las dos alteraciones más importantes de los híbridos de agrios cultivados en España. *Phytoma (España)*. 68: 20-26.
2. _____. 1996. Alteraciones fisiológicas de los frutos cítricos. *In: Jornadas Agrícolas y Comerciales (13as., 1996, Huelva)*. Actas. Huelva, España. pp. 2-14.
3. _____.; Martínez-Fuentes, A.; Mesejo, C. 2002. Citrus fruit quality; physiological basis and techniques of improvement. *Agrociencia*. 6 (2): 1-16.
4. _____. 2003a. *Citricultura*. 2a. ed. Madrid, Mundi-Prensa. 422 p.
5. _____.; _____.; _____.; Mariano, J.; Almela, V. 2003b. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria D'Agricultura, Peixca I Alimentació. 80 p. (Sèrie Divulgació Tècnica no. 55).
6. _____.; Almela, V.; Juan, M. 2004. Alteraciones fisiológicas de los frutos cítricos. Valencia, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 126 p.
7. Almela, V.; Agustí, M.; Aznar, M. 1986. El splitting o rajado del fruto de la mandarina 'Nova', su control. *In: Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (2º., 1986, Córdoba)*. Trabajos presentados. Córdoba, España, SECH. pp. 142-147.
8. _____.; _____. 1992. Principales alteraciones de los frutos cítricos y su control. Castellón, Edipublic. 32 p. (Colección de estudios no. 1).
9. _____.; Zaragoza, S.; Primo-Millo, E.; Agustí, M. 1994. Hormonal control of splitting in 'Nova' mandarin fruit. *Journal of Horticultural Science*. 69 (6): 969-973.
10. Arias, M.; Ronca, F.; Arbiza, H.; Gravina, A. 1996. Reproductive phenological behaviour of 'Nova' and 'Clementina de Nules' mandarins in Uruguay. *In: International Citrus Congress (8th., 1996, Sun City, South Africa)*. Proceedings. Sun City, South Africa, International Society of Citriculture. v.2, pp. 1052-1056.
11. Bain, J. M. 1958. Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. *Australian Journal of Botany*. 6: 1-24.

12. Bar-Akiva, A. 1975. Effect of potassium nutrition on fruit splitting in 'Valencia' orange. *Acta Horticulturae*. No. 50: 85-89.
13. Barbazán, M. 1998. Manejo de suelos y fertilización de cítricos. Montevideo, Facultad de Agronomía. 16 p.
14. Barry, G. H.; Bower, J. P. 1997. Manipulation of fruit set and styler-end fruit split in 'Nova' mandarin hybrid. *Scientia Horticulturae*. 70: 243-250.
15. Bono, R.; Fernández de Córdova, L.; Soler, J. 1988. Behaviour of 'Nova' mandarin in Spanish conditions. In: International Citrus Congress (6th., 1988, Tel Aviv, Israel). Proceedings. Tel Aviv, Israel, International Society of Citriculture. v.1, pp. 101-106.
16. Bower, J. P.; Gilfillan, I. M.; Skinner, H. 1992. Fruit splitting in Valencia and its relationships to the pectin status of the rind. In: International Citrus Congress (7th., 1992, Acireale, Italy). Proceedings. Acireale, Italy, International Society of Citriculture. v.1, pp. 511-514.
17. Chapman, H. D. 1968. The mineral nutrition of citrus. In: Reuther, W.; Webber, H. J.; Batchelor, L. D. eds. The citrus industry. Riverside, University of California. t.2, pp. 127-289.
18. Coggins, C. W. Jr.; Hield, H. Z. 1968. Plant growth regulators. In: Reuther, W.; Webber, H. J.; Batchelor, L. D. eds. The citrus industry. Riverside, University of California. t.2, pp. 371-389.
19. Cohen, J. L.; Rassis, A. 1972. Climatic effects on fruit shape and peel thickness in 'Marsh Seedless' grapefruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 97 (6): 768-771.
20. Coit, J. E. 1915. Citrus fruits. New York, The Macmillan Company. 520 p.
21. Considine, J.; Brown, K. 1981. Physical aspect of fruit growth; theoretical analysis of distribution of surface growth forces in fruit in relation to cracking and splitting. *Plant Physiology*. 68: 371-376.
22. Cook, A. J. 1913. California citrus culture. Sacramento, California State Printing Office. 121 p.
23. Cronjé, P. J. R.; Stander, O. P. J.; Theron, K. I. 2014. Fruit splitting in citrus. *Horticultural Reviews*. 41: 177-200.

24. De Cicco, V.; Intrigliolo, F.; Ippolito, A.; Vanadia, S.; Guiffrida, A. 1988. Factors in 'Navelina' orange splitting. *In*: International Citrus Congress (8th., 1988, Tel Aviv, Israel). Proceedings. Tel Aviv, Israel, International Society of Citriculture. v.1, pp. 535-540.
25. De Lima, J. E. O.; Davies, F. S.; Krezdorn, A. H. 1980. Factors associated with excessive fruit drop of navel orange. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 105 (6): 902-906.
26. _____.; Davies, F. S. 1981. Fruit set and drop of Florida navel oranges. *In*: Annual Meeting of the Florida State Horticultural Society (94th., 1981, Florida). Proceedings. Gainesville, FL, F.S.H.S. pp. 11-14.
27. Durán, A.; García, F. 2007. Suelos del Uruguay; origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 1, 333 p.
28. Erickson, L. C. 1957. Compositional differences between normal and split 'Washington' navel oranges. *American Society for Horticultural Science*. 70: 257-260.
29. _____. 1968. The general physiology of citrus. *In*: Reuther, W.; Webber, H. J.; Batchelor, L. D. eds. *The citrus industry*. Riverside, University of California. t.2, pp. 86-126.
30. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2006. Evapotranspiración del cultivo; guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma. 323 p. (Estudio FAO. Riego y Drenaje No. 56).
31. FAO. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division of the FAO, IT). 2012. FAOSTAT database. (en línea). Rome. s.p. Consultado 17 mar. 2016. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Citrus/Documents/CITRUS_BULLETIN_2012.pdf
32. FAO. WATER (Food and Agriculture Organization of the United Nations. Water development and management unit, IT). 2015. Crop water information. Citrus. (en línea). Rome. s.p. Consultado 30 mar. 2016. Disponible en http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_citrus.html
33. Gambetta, G.; Borges, A.; Espino, M.; Da Cunha Barros, M.; Rivas, F.; Arbiza, H.; Gravina, A. 2008. Mejora de la productividad de la mandarina 'Nova'; aspectos fisiológicos y medidas de manejo. *Agrociencia* (Montevideo). 12 (2): 1-9.

34. _____.; Martínez-Fuentes. A.; Bentancur, O.; Mesejo. C.; Reig, C.; Gravina, A.; Agustí, M. 2012. Hormonal and nutritional changes in the flavedo regulating rind colour development in sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osb.). *Journal of Plant Growth Regulation*. 31: 273-282.
35. García, M.; Puppo, L.; Hayashi, R.; Morales, P. 2012. Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo. (en línea). *In: Seminario Internacional Riego en Cultivos y Pasturas (2º., 2012, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, UY, Grupo de Desarrollo de Riego. pp. 1 - 10. Consultado 30 mar. 2016. Disponible en <http://www.grupodesarrolloriego.uy>*
36. García-Luis, A.; Almela, V.; Monerri, C.; Agusti, M.; Guardiola, J. L. 1986. Inhibition of flowering in vivo by existing fruits as applied growth regulators in *Citrus unshiu*. *Physiologia Plantarum*. 66 (3): 515-520.
37. _____.; Duarte A. M. M.; Porras, I.; García-Lidón, A.; Guardiola, J. L. 1994. Fruit splitting in 'Nova' hybrid mandarin in relation to the anatomy of the fruit and fruit set treatments. *Scientia Horticulturae*. 57: 215-231.
38. _____.; _____.; Kanduser, M.; Guardiola, J. L. 2001. The anatomy of the fruit in relation to the propensity of citrus species to split. *Scientia Horticulturae*. 87: 33-52.
39. Goldschmidt, E. E.; Galili, D.; Rabber, D. 1992. Fruit splitting in 'Murcott' tangerines; control by reduced water supply. *In: International Citrus Congress (7th., 1992, Acireale, Italy). Proceedings. Acireale, Italy, International Society of Citriculture. v.2, pp. 657-660.*
40. Goodwin, C. 2008. Citrus fruit splitting. (en línea). Galveston County, Texas, AgriLife Extension Service. 2 p. Consultado ene. 2016. Disponible en http://aggie-horticulture.tamu.edu/galveston/Gardening_Handbook/PDF-files/GH-052--citrus-fruit-splitting.pdf
41. Goren, R.; Goldschmidt E. E. 1970. Regulative systems in the developing citrus fruit; the hormonal balance in orange fruit tissues. *Physiologia Plantarum*. 23 (5): 937-947.
42. _____.; Huberman, M.; Riov, J. 1992. Effects of gibberellin and girdling on the yield of 'Nova' (Clementine x 'Orlando' tangelo) and 'Niva' (Valencia x 'Wilking'). *In: International Citrus Congress (7th., 1992, Acireale, Italy). Proceedings. Acireale, Italy, International Society of Citriculture. v.1, pp. 493-499.*

43. Gravina, A. 2014. Fisiología de citrus. Montevideo, Facultad de Agronomía. 145 p.
44. Greenberg, J.; Kaplan, I.; Fainzack, M.; Egozi, Y; Giladi, B. 2006. Effects of auxins sprays on yield, fruit size, fruit splitting and the incidence of creasing of 'Nova' mandarin. *Acta Horticulturae*. No. 727: 249-254.
45. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agroclima y Sistemas de información, UY). 2016. Banco datos agroclimáticos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 29 mar. 2016. Disponible en <http://www.inia.uy>
46. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Concordia, AR). 1996. Manual para productores de naranja y mandarina de la región del río Uruguay. Buenos Aires. 238 p. (Serie A No. 2)
47. IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, ES). 2007. Evaluación de la calidad de fruta y estudio de alteraciones de la producción. Valencia. 5 p.
48. Kaufmann M. R. 1970. Extensibility of pericarp tissue in growing citrus fruits. *Plant Physiology*. 46 (6): 778-781.
49. Khadivi-Khub, A. 2015. Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. *Acta Physiologiae Plantarum*. 37 (1): 1718.
50. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. (en línea). Montevideo, UY. Escala 1:100.000. Color. Consultado 17 mar. 2016. Disponible en <http://www.renare.gub.uy>
51. Mesejo, C.; Reig, C.; Martínez-Fuentes, A.; Gambetta, G.; Gravina, A.; Agustí, M. 2016. Tree water status influences fruit splitting in *Citrus*. *Scientia Horticulturae*. 209: 96-104.
52. MGAP. DGRNR (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, UY). 1994. Índice de productividad grupos CONEAT. (en línea). Montevideo. 182 p. Consultado 30 mar. 2016. Disponible en <http://www.renare.gub.uy>
53. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2015. Encuesta cítrica "primavera 2014". Montevideo. 27 p.
54. _____. _____. 2016. Anuario estadístico agropecuario 2015. Montevideo. 215 p.

55. MGAP. RENARE (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, UY). 2014. Manual de descripción, muestreo de suelos y análisis de laboratorio; compilación del departamento de estudios básicos de suelos. Montevideo. 102 p.
56. Mupambi, G. 2010. Studies to reduce the size of the navel-end opening of navel oranges. Thesis Master of Science in Agriculture (Horticultural Science). Stellenbosch, South Africa. Faculty of AgriSciences. 141 p.
57. Ortiz de Taranco, J. 2001. Historia de la citricultura del Uruguay. Montevideo, Ediciones de la Plaza. 302 p.
58. Rabe, E.; Van Rensburg, P. 1996. Giberellic acid sprays, girdling, flower thinning and potassium applications affect fruit splitting and yield in the 'Ellendale' tangor. *Journal of Horticultural Science*. 71 (2): 195-203.
59. Reuther, W.; Nauer, E. M.; Summers, L. 1973. Effects of seasonal temperature regimes on development and maturation of citrus fruit. In: International Citrus Congress (2nd., 1973, Valencia, Spain). Proceedings. Valencia, Spain, International Society of Citriculture. v.3, pp. 63-71.
60. Rivas, F.; Arbiza, H.; Gravina, A. 2004. Caracterización del comportamiento reproductivo de la mandarina 'Nova' en el sur del Uruguay. *Agrociencia* (Montevideo). 13 (2): 79-88.
61. Ruiz, Ll.; Primo-Millo, E. 1989. El rajado, agrietado o splitting de los frutos cítricos. *Levante Agrícola*. 291-292: 98-102.
62. Saunt, J. 2000. Citrus varieties of the world; an illustrated guide. 2nd. ed. Norwich, Sinclair. 156 p.
63. Spiegel-Roy, P.; Goldschmidt, E. E. 1996. Biology of citrus. Cambridge, Cambridge University Press. 230 p.
64. Stander, O. P. J. 2013. Fruit split and fruit size studies on citrus. Thesis Master of Science in Agriculture (Horticultural Science). Stellenbosch, South Africa. Faculty of AgriSciences. 149 p.
65. Supervielle, M. 2004. La citricultura uruguaya, la creación y desarrollo de un complejo eficiente. In: Colloque International; Réseau CDP Cuenca del Plata, Atelier 3 (2004, Le Mirail, France). Travaux présentée. Le Mirail, FR, Université de Toulouse pp. 1-31.

66. Tadeo, F. R.; Moya, J. L.; Iglesias, D. J.; Talón, M.; Primo-Millo, E. 2003. Histología y citología de cítricos. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria D'Agricultura, Peixca I Alimentació. 99 p. (Sèrie Divulgació Tècnica no. 54).
67. Vasallo, M. ed. 2011. Dinámica y competencia intrasectorial en el agro; Uruguay 2000-2010. Montevideo, Facultad de Agronomía. 170 p.
68. Wu, G. A.; Prochnik, S.; Jenkins, J.; Salse, J.; Hellsten, U.; Murat, F.; Perrier, X.; Ruiz, M.; Scalabrin, S.; Terol, J.; Takita, M. A.; Labadie, K.; Poulain, J.; Couloux, A.; Jabbari, K.; Cattonaro, F.; Del Fabbro, C.; Pinosio, S.; Zuccolo, A.; Chapman, J.; Grimwood, J.; Tadeo, F. R.; Estornell, L. H.; Muñoz-Sanz, J. V.; Ibanez, V.; Herrero-Ortega, A.; Aleza, P.; Pérez-Pérez, J.; Ramón, D.; Brunel, D.; Luro, F.; Chen, Ch.; Farmerie, W. G.; Desany, B.; Kodira, Ch.; Mohiuddin, M.; Harkins, T.; Fredrikson, K.; Burns, P.; Lomsadze, A.; Borodovsky, M.; Reforgiato, G.; Freitas-Astúa, J.; Quetier, F.; Navarro, L.; Roose, M.; Wincker, P.; Schmutz, J.; Morgante, M.; Machado, M. A.; Talon, M.; Jaillon, O.; Ollitrault, P.; Gmitter, F.; Rokhsar, D. 2014. Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication. *Nature Biotechnology*. 32 (7): 656-662.

9. ANEXOS

Cuadro I. Descripción del perfil de suelo dominante en cada localidad.

	Horizonte	Profundidad	Textura	Color	Observaciones
Salto	Au1	0-52 cm	Arenoso	pardo claro	
	Bt	52-80 cm	Arcilloso	Pardo oscuro	
	BC	89-99 cm	Arcillo-Arenoso	Pardo	
	CR	99+ cm	Arcillo-Arenoso	pardo claro	Sedimentos de roca madre y óxido de hierro
Profundidad de arraigamiento: 15 cm					
Profundidad radicular: 45 cm					
	Horizonte	Profundidad	Textura	Color	Observaciones
San José	A	0-36 cm	Franco-arcillo-limoso	Pardo	
	B	36-45 cm	Arcilloso	Pardo oscuro	
	Bt	45-63 cm	Arcilloso oscuro	Pardo oscuro	
	BC	63-74 cm	Arcillo-limoso	Pardo	
	C	74+ cm	Limoso	Pardo claro y ocre	Abundante grava
Profundidad de arraigamiento: 40 cm					
Profundidad radicular: 70 cm					