

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CITRICULTURA EN EL NEA Y EVALUACIÓN FITOSANITARIA

La citricultura es una de las principales economías regionales de la subregión del río Uruguay, que abarca la zona noreste de la provincia de Entre Ríos y el sudeste de la provincia de Corrientes, en la región citrícola del Noreste (NEA) de la República Argentina. Según el último censo citrícola 2004 en la provincia de Entre Ríos la citricultura abarcaba una superficie de 41977 hectáreas, conformadas por 1779 productores. Esta cifra ha variado notablemente en la actualidad, no disponiéndose aún de un censo citrícola actualizado (Informe Citrícola Entre Ríos, 2014). Es una zona productora de naranjas y mandarinas por excelencia, siendo el principal objetivo la producción en fresco, tanto para mercado interno como para la exportación. Generalmente, los excedentes y los frutos con problemas de calidad, son destinados a la industria (Informe Federcitrus, 2013).

En los últimos años se ha visto reducida la superficie cultivada, siendo reemplazadas muchas quintas por la forestación, principalmente por eucaliptos, no disponiéndose de datos sobre la magnitud real de esa disminución. En contraposición con la reducción de la superficie, en algunos establecimientos se ha aumentado la densidad de plantación, recurriéndose al riego localizado y al fertirriego, manteniendo los lotes con un elevado nivel de implementación de tecnología (Informe Citrícola 2014, Entre Ríos). También se han incorporado variedades nuevas de mayor valor comercial, tanto para el mercado exportador como para el mercado interno, con la finalidad de incrementar la rentabilidad del cultivo.

Debido a los altos costos de producción, cambios generacionales de los propietarios, con fraccionamiento y venta de tierras por sus herederos, falta de inversión en tecnología y nuevas variedades, muchos lotes se han dejado de manejar eficientemente. En la zona sur de la región citrícola de la provincia de

Entre Ríos (Departamentos Concordia y Colón), un importante número de lotes está en estado de mantenimiento básico y/o abandono. En la zona norte (Departamento Federación) presentan una mejor situación. Zonas cercanas al lago de Salto Grande, menos afectadas por heladas y con quintas nuevas, con mayor proporción de variedades de mejor valor comercial, han permitido condiciones económicas y fitosanitarias más favorables para el progreso de los establecimientos (Informe Citrícola 2014, Entre Ríos). Se plantea la situación de que cada vez sea más importante ajustar las decisiones de manejo sobre los lotes para mejorar su rentabilidad.

Existen dificultades para identificar los principales factores que afectan a un lote de cítricos en producción y priorizarlos para poder tomar medidas correctivas viables que incrementen su rentabilidad. Oerke *et al.* (1994) analizaron las pérdidas de los cultivos más representativos y concluyen que existen factores fitosanitarios que influyen negativamente, provocando de un 25 a un 50% de pérdidas, tanto del rendimiento como de la calidad comercial. Hughes *et al.* (1998) trabajaron considerando un umbral de daño económico, determinando cuándo se hace necesario aplicar un tratamiento para que el lote no sufra pérdidas económicas mayores a la inversión que demande el control del problema detectado. Plantean para resolver esa dificultad que, como un desafío para el futuro, habría que seguir avanzando en las técnicas de muestreo para el monitoreo de los lotes.

Dentro de los factores que afectan el rendimiento y la calidad de la producción, están presentes las plagas (cochinillas, ácaros, tucos, liebres, pájaros, moscas de la fruta, nemátodos, etc.), las enfermedades (cancrosis, mancha negra, sarna, alternaria, psorosis, gomosis, CVC, etc.), las inclemencias climáticas (rameado, quemado por el sol, heladas, granizo, tormentas), los problemas fisiológicos (*creasing*, colapso, vecería, *splitting*, deficiencias hormonales, nutricionales, toxicidades) así como también problemas de manejo (fertilizaciones, podas y raleos inadecuados). Este cúmulo de factores abre un amplio abanico de posibilidades de estudio. El análisis del conjunto de factores que afectan la producción será más rico o completo que el estudio parcial de un acontecimiento, el cual limita la visión de la problemática real e integral de un lote. Zadoks (1984) menciona que los

fitopatólogos todavía tienen una deuda pendiente con el productor al encarar aspectos individuales y específicos de la problemática fitosanitaria, sin considerar el problema integral. Referente a esta problemática, el Dr. George Agrios, de la Universidad de Florida, ha creado la carrera pionera de “Dr. en Medicina de Plantas” (Agrios, 2001) al observar que las diferentes disciplinas que abarcan la protección de los cultivos en la agronomía, han motivado desarrollos dispares y aislados, provocando un desbalance del énfasis dedicado a cada problema de un cultivo, perdiéndose de vista su finalidad última. Actualmente, y siguiendo la iniciativa de Florida, se han creado nuevas carreras de posgrado en diferentes universidades de EUA y Europa, como Doctor en Sanidad Vegetal (‘Plant Health’) en la Universidad de Nebraska (EE UU) en 2009; Master en Protección de Cultivos en la Universidad de Gottingen (Alemania) en 2010; iniciativas para el desarrollo de Programas de Master en Fitiatría comunes en varios países de la Unión Europea, liderado por la Universidad de Bari (Italia); establecimiento de nuevas sociedades de Fitiatría (‘Phytiatry’) o Fitomedicina (‘Phytomedicine’) en Alemania, Grecia y Suiza (Jiménez Díaz, R. 2010; 2012). Se destaca la importancia de crear conciencia sobre la necesidad internacional de disponer de fitopatólogos profesionales adecuadamente formados y capaces de integrar los conocimientos pluridisciplinarios en programas rigurosos de control integrado. Esta capacitación pareciera estar negativamente correlacionada con la formación universitaria especializada en Fitopatología y el apoyo a las acciones de extensión fitopatológica en la agricultura comercial. El déficit de trabajos que evalúen, en lo agronómico y en lo económico, una alta cantidad de factores que impactan la calidad de un lote comercial se puede atribuir al alto nivel de interdisciplinabilidad que este tipo de trabajos conlleva.

Se debe tener en claro que en un cultivo con destino comercial, su finalidad es lograr que el cultivo sea rentable para el productor, sustentable en el tiempo y amigable con el medio ambiente. Pedigo (1992) incorpora la variable ambiente a la fórmula del umbral de daño económico inicialmente elaborada por Stern (1959), con el objetivo de ampliar la cantidad de variables a considerar en las evaluaciones.

Zadoks y Schein (1979), analizaron diferentes niveles de producción que puede alcanzar un lote comercial, dependiendo del manejo que se le brinda. Estos autores sugieren que el rendimiento de un lote se compone de un nivel básico, alcanzado sin implementar medidas de protección. Realizando medidas correctivas, se incrementa el rendimiento, reduciendo las pérdidas controlables, las que alcanzan un nivel variable dependiendo de la tecnología que se implemente. Siempre se presentan también pérdidas inevitables, las cuales se manifiestan por más que el control sea exhaustivo. Un manejo eficiente trata de reducir al mínimo las pérdidas evitables, entendiendo que no es alcanzable un rendimiento teórico potencial cuando se trabaja a nivel de lotes comerciales. Estos valores de rendimiento potencial son determinados solamente en forma experimental, *i.e.* de manera controlada.

Para atender las demandas de mejoras en el manejo y los niveles de la producción de los cítricos, el plantel técnico de la EEA INTA Concordia planteó la necesidad de protocolizar la producción integrada (INTA, Protocolos de Producción Integrada, 2001; Marcó, 2001). Los protocolos desarrollados señalaron la necesidad de determinar los umbrales de daño para cada factor que influya sobre la producción de un lote. Los umbrales de daño fueron analizados por muchos autores, una referencia interesante se la puede encontrar en los estudios de Zadoks, (1985).

Norton (1982), explica un protocolo a seguir para la toma de decisiones del productor respecto a la protección de sus cultivos. En éste determina acciones y resultados para el control de algún problema definido. Se afirma que un productor que pretende mejorar la situación actual deberá fijarse nuevos objetivos que lo llevarán a tomar decisiones correctivas, cumpliendo un ciclo de identificación de problemas y soluciones. Pedigo *et al.* (1986) hacen la evaluación de los umbrales de daño económico y lo denominan barrera de daño. Comparan el rendimiento en función de los daños que sufre el cultivo y el consecuente perjuicio económico que provoca este daño.

En los últimos años se ha abierto un enorme campo de aplicaciones de las tecnologías de análisis remoto para la detección y cuantificación de los rendimientos y de los factores que afectan la producción de los cultivos (editores del Simposio de Fruticultura de Precisión, 2008). Las fotografías

aéreas o satelitales, la fotointerpretación, las cartas de suelo, los análisis de espectros de emisión de colores y los mapas georeferenciados son herramientas útiles para identificar y delimitar los principales factores que afectan la producción de un lote comercial (Garrán *et al.*, 2008). En un lote cítrico la gran variabilidad espacial del rendimiento y la calidad de frutos dificulta las estimaciones remotas; no obstante estas pueden ser mejoradas a través del ajuste de técnicas de muestreo a campo que sean eficientes en contemplar la variabilidad espacial subyacente. Estos trabajos ayudan a interpretar la localización de sectores problema. La aplicación de técnicas estadísticas de muestreo que simplifiquen la toma de información y la interpretación de los datos recopilados son fundamentales para lograr medidas correctivas acertadas (Garrán *et al.*, 2008).

Hughes (1998) considera que mediante la utilización de programas computarizados, colectores digitales de datos de campo y otras tecnologías emergentes, se podrán acelerar los tiempos operativos en el monitoreo de los lotes. Tales herramientas son cada vez más accesibles, tanto para el productor interesado como para el equipo de trabajo que lleve a cabo la tarea. Schumann *et al.* (2005), ajustaron técnicas de medición de la producción de un lote por medio de fotografías digitales y de medición del canopeo por medio de ultrasonido, variantes que en un futuro podrían ayudar a determinar el rendimiento y calidad de un lote de forma más rápida y eficiente. Sin embargo, son pocos los estudios que contemplan la posibilidad de considerar simultáneamente, durante los monitoreos, un número importante de variables. Si bien existen trabajos referidos a problemáticas específicas, tanto a nivel de plagas como de enfermedades, no es común el tratamiento multidimensional del monitoreo. La metodología "Great Chain" (Cargnello *et al.*, 2003) desarrollada en vid es un antecedente de análisis multivariado que incluye un total de 54 variables, las cuales son ponderadas porcentualmente según su impacto en el monitoreo. La metodología contempla variables técnicas, económicas, sociales y éticas.

La citricultura actual demanda metodologías que permitan la identificación y cuantificación de los factores que afectan los rendimientos y la calidad de la producción (Beribe *et al.*, 2009). Con este fin se desarrolló en la

EEA INTA Concordia una metodología de Evaluación Fitosanitaria para lotes cítricos comerciales (MEF) que tiene la finalidad de detectar y cuantificar física y económicamente los principales factores que afectan el rendimiento y la calidad de la producción de un lote cítrico. Su objetivo principal es poder tomar medidas de control oportunas que mejoren su rentabilidad (Garrán *et al.*, 2005). Esta metodología brinda la posibilidad de cuantificar la magnitud de cada problema, detectando aquellos que tienen mayor incidencia, especialmente en el resultado económico de un lote. En el anexo I se presenta una descripción detallada de la metodología MEF actualmente implementada en lotes de productores por técnicos de la EEA INTA Concordia.

Entre otras posibilidades que brinda esta metodología, puede usarse para chequear factores con potencialidad de impactar sobre el rendimiento y la calidad de las frutas y así definir el efecto de prácticas de manejo sobre un lote, como por ejemplo resultados de fertilizaciones, control de enfermedades y plagas, efecto de reguladores de crecimiento o detectar sectores definidos con problemas de daño por algún factor, sea de origen biológico, edáfico o climático. También se la considera una herramienta útil para justificar la eliminación de lotes, implementación de cambios de copa, replanteos de lotes, etc. (Garrán, 2005).

La metodología MEF, tal como se usa en la actualidad, implica una tarea altamente demandante de mano de obra, y con tiempos operativos elevados, lo que ha retrasado su implementación como una práctica de monitoreo corriente. Respecto a estimaciones de rendimiento y factores que los afectan, en la EEA INTA Concordia se investigó para reducir los tiempos de implementación de la MEF a niveles razonables (Beribe *et al.*, 2009). Se realizaron evaluaciones de lotes comerciales y de lotes experimentales, situados en la zona de influencia del INTA Concordia, primeramente como experiencias particulares, luego dentro del proyecto denominado "Ajustes de las tecnologías de la agricultura de precisión a la Fruticultura" PNFRU N° 2182 y posteriormente en el proyecto "Evaluación geoestadística de la confiabilidad de productos geomáticos" AERN N° 52294432. Se plantea la necesidad de acelerar los tiempos operativos de muestreo de frutos intralote para ajustar y facilitar la implementación de la MEF.

Con esta metodología se ven abiertas muchas posibilidades de análisis de las problemáticas de la producción de un lote cítrico. Tomar los datos de los factores que lo afectan y poder identificar los de mayor impacto comercial no es una tarea fácil, pero constituyó el objetivo principal de la implementación de la MEF en un lote. Es necesario utilizar un protocolo de pasos prácticos, estadísticamente válidos, replicable en otros lotes de la misma variedad, con la finalidad de contemplar la distribución de los principales factores que afectan su producción (Garrán *et al.*, 2008).

En 2010, Beribe utilizó los datos del censo de rendimiento por planta de dos lotes cítricos, uno de naranja Valencia y otro de mandarina Nova, para determinar el tamaño de muestra mínimo con el fin de obtener una estimación de rendimiento con error aceptable. Concluye en su trabajo que, para esas variedades y distancias de plantación, se debería tomar una de cada 5 plantas del lote en forma sistemática (Cochran, 1985) como plan de muestreo para implementar la MEF y estimar rendimiento. Sin embargo, no se deduce explícitamente que un plan de muestreo óptimo para estimar rendimiento, también lo sea para la determinación de los factores que afectan la calidad.

Desde el marco teórico estadístico se identifican herramientas útiles, como las técnicas de muestreo y remuestreo (Efron, 1979), que permiten avanzar en el diseño de una metodología para dinamizar la toma de datos de calidad de frutos a campo, tendiente a desarrollar planes de muestreo que permitan obtener estimaciones válidas y confiables. La finalidad de esta tesis es encontrar una metodología de trabajo para la toma de muestras que resulte en una estimación confiable y precisa de la calidad de los frutos dentro de un lote, teniendo en cuenta que cada lote es potencialmente cambiante en la distribución espacial de las variables de interés y de los factores que las afectan. Se diseñó una metodología intensiva de muestreo que permitió generar una base de datos para el estudio de esquemas de muestreos alternativos. Las estrategias de muestreo se evaluaron en cuanto a la precisión de las estimaciones de frecuencias de ocurrencia de distintas calidades de frutos y de los factores que impactan sobre la calidad comercial de la producción.

HIPÓTESIS

Partiendo de una alta presión de mediciones sistemáticas orientadas a estimar valores paramétricos de variables indicadoras de calidad en un lote de naranjo Valencia late será posible identificar, mediante remuestreo, un tamaño de muestra eficiente para el monitoreo de la calidad y mapear la distribución espacial de los principales factores que afectan a la calidad de la producción.

OBJETIVO GENERAL

Contribuir al ajuste de la metodología de evaluación fitosanitaria (MEF) a través del estudio del impacto de distintos tamaños muestrales identificando aquellos óptimos para el monitoreo de calidad de frutos y el mapeo de la variabilidad espacial en el interior del lote.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el rendimiento y la calidad de la producción en dos lotes de frutos de naranjo *Valencia late*.
- Definir el tamaño mínimo de muestra para evaluar calidad de fruta utilizando la Metodología de Evaluación Fitosanitaria (MEF).
- Analizar la variabilidad espacial de la calidad de fruta de un lote cítrico como apoyo a la MEF.
- Identificar relaciones entre variabilidad de la calidad intralote y los principales factores que la afectan.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

DATOS EXPERIMENTALES

Para implementar los objetivos del presente trabajo se trabajó con dos lotes comerciales de naranjo variedad Valencia late (*Citrus sinensis*, L. Osbeck), ubicados en la provincia de Entre Ríos.

Lote A: quinta San Vicente, zona Colonia La Argentina, Dpto. Federación. Marco de plantación: 7 × 3.5 m, total de plantas: 478. Superficie: 1.17 h. Edad: 22 años. Características: Muy buen estado fitosanitario, sin fallas. Con riego localizado por goteo. Evaluación temporada 2012-2013. (Figura 1 A)

Lote B: quinta La Citral, zona Estación Yuquerí, Dpto. Concordia. Marco de plantación: 7×4 m. Total de plantas: 510. Superficie: 1.43 h. Edad promedio: 30 años. Características: 40% de plantas de más de 35 años, numerosos replantes y fallas. Sin riego. Estado general deficiente. Evaluación temporada 2010-2011 (Figura 1 B).

Lote A



Lote B



Figura 1. Fotografías satelitales de los lotes comerciales seleccionados como material experimental: Lote A (arriba) y lote B (abajo). Fotos obtenidas del programa Google Earth

METODOLOGIA

A. SELECCIÓN DE LA POBLACIÓN DE PLANTAS EN ESTUDIO

Se recolectaron datos sistemáticamente, seleccionando un tercio de la población total de plantas de los lotes, para caracterizar los lotes comerciales elegidos como parcelas experimentales (poblaciones) sobre los cuales se realizaron las actividades necesarias para definir un plan de muestreo óptimo. (Figuras 2 y 3).

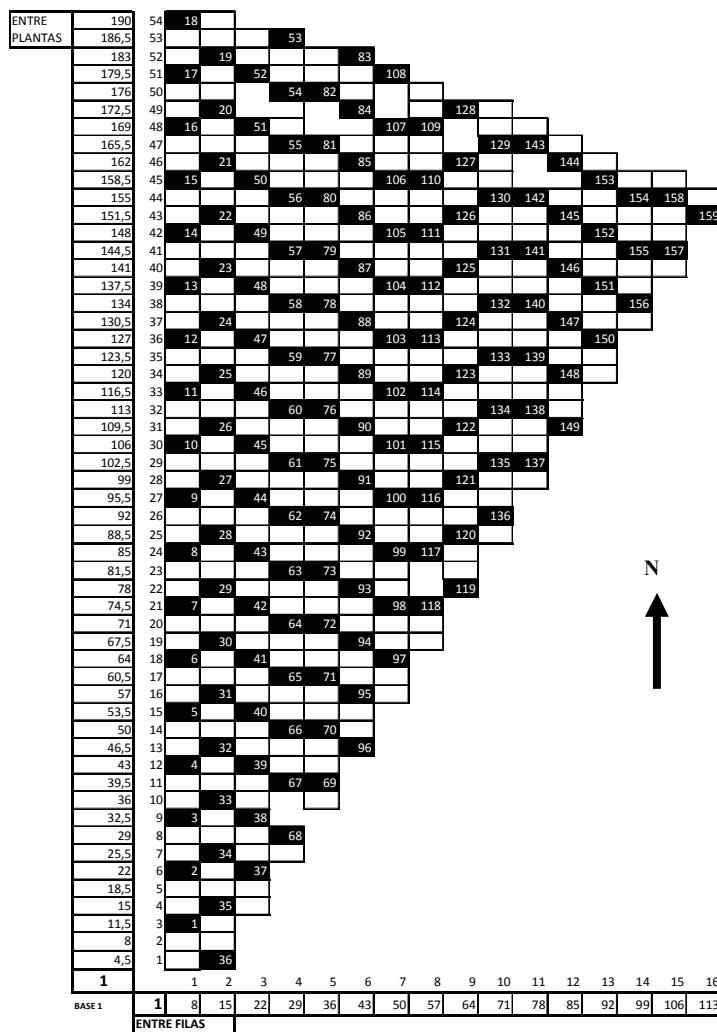


Figura 2. Mapa del Lote A. Se presenta el total de plantas del lote (cuadros) y las plantas seleccionadas para definir la población de estudio (cuadros negros).

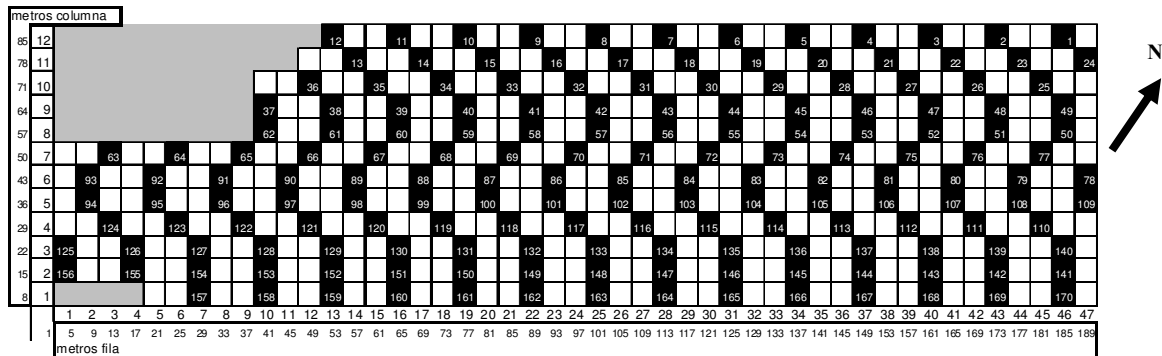


Figura 3. Mapa del Lote B. Se presenta el total de plantas del lote (cuadros) y las plantas seleccionadas para definir la población de estudio (cuadros negros).

Las plantas de la población en estudio se eligieron sistemáticamente por hilera seleccionando la primera planta en forma aleatoria de entre las primeras tres plantas de la primera fila. Los registros de datos se realizaron durante los meses de julio y agosto, cuando los frutos de naranja *Valencia late* manifiestan su coloración característica. La toma de datos se llevó a cabo en una planilla de cálculo con los datos necesarios para ubicar correctamente la planta en el lote, con sus coordenadas locales en metros. Durante el monitoreo se relevaron los factores principales y hasta tres secundarios afectando el rendimiento por planta. El rendimiento se midió por el número de frutos de cada sector demarcado.

B. ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO

Para el conteo visual del número de frutos de cada planta, se las sectorizó en cuatro cuadrantes y tres alturas, definiendo 12 sectores, demarcados en las plantas con elementos visibles. Se presenta un esquema de los sectores definidos por planta (Figura 4).

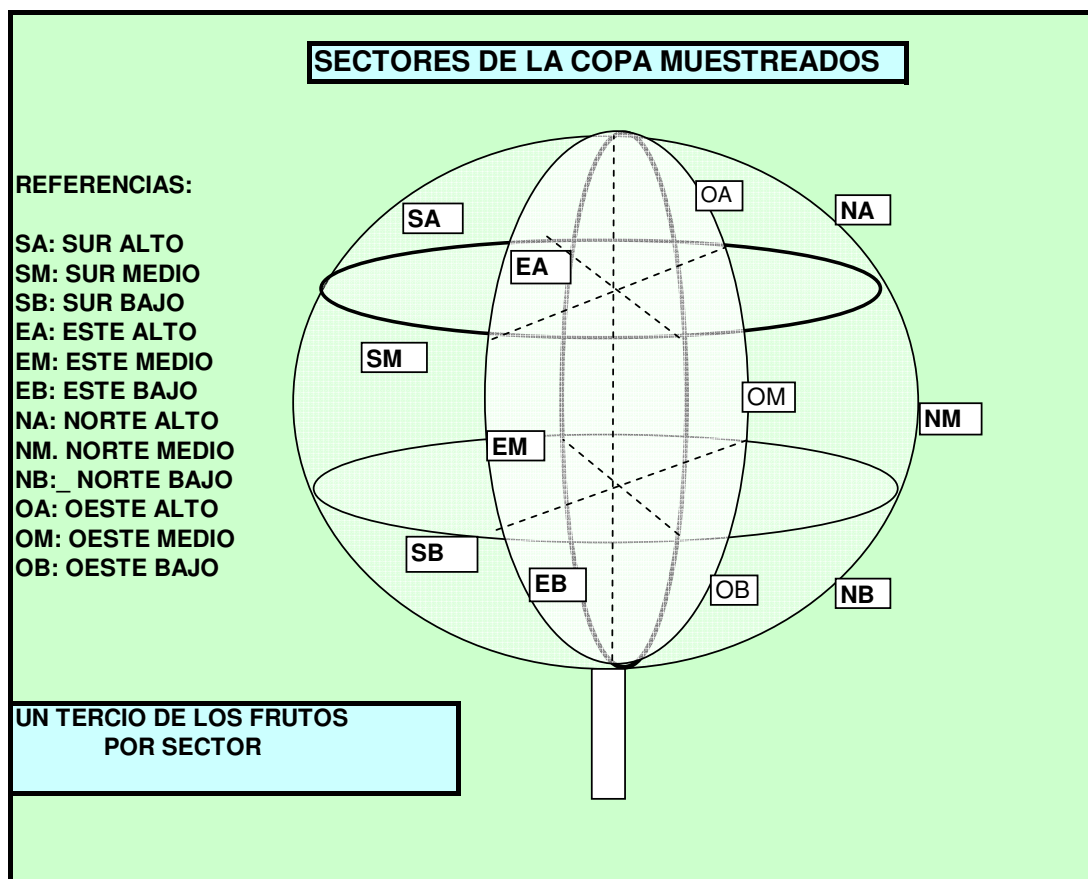


Figura 4: Sectorización de un árbol para estimar cantidad de frutos por planta en la población de referencia.

Realizada la sumatoria de todos los frutos contados de cada sector, se multiplica por tres y se obtiene el número de frutos por planta. Posteriormente se suma el número total de frutos de cada planta evaluada y a esa cifra se la multiplica por tres, ya que se había tomado un tercio de las plantas del lote para evaluar. Una vez determinado el número total de frutos que hay en el lote se le asigna un peso promedio a cada uno de los tres rangos de calibre establecidos, frutos chicos, frutos normales y frutos grandes. El diámetro menor considerado es de menos de 65 mm en el lote A y menos de 60 mm en el lote B y el diámetro mayor, más de 85 mm, para ambos lotes. El resto de los frutos, entre 60 o 65 mm de diámetro (según sea lote A o B) y 85 mm, es el conjunto denominado frutos normales. Para medir los calibres se utilizaron anillas metálicas con las medidas determinadas como calibre exigido por los mercados consumidores para ambos lotes. La información del peso promedio por calibre para el lote A se obtuvo con los datos de un muestreo previo de cincuenta

frutos del lote, según recomendación de la metodología MEF (Anexo I, etapa 2, b). En cuanto al lote B se tomó de los pesos y calibres determinados de la totalidad de los frutos de una planta del lote. Es importante recordar que no se consideró a los calibres como factor de descarte en este trabajo por considerar que los frutos chicos son también afectados en su calidad y el no incluirlos en los análisis determinaría una pérdida importante de información sobre la distribución espacial de los factores que afectan la calidad.

C. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE FRUTOS

Para la determinación de las variables que impactan sobre la calidad de los frutos se usó un tercio de los frutos de la población en estudio. Los factores que impactaban a la misma fueron cuantificados con frecuencias relativas (en porcentaje del total de frutos relevado de cada planta) utilizando una planilla de evaluación poscosecha usada en los galpones de empaque (Garrán *et al.*, 1995) (Tablas 5 y 6, p. 25 y 26). Para la clasificación de las diferentes categorías comerciales se utilizó la escala de porcentajes de superficie del fruto afectadas por los diferentes factores incluida en la reglamentación de frutas frescas utilizada por el SENASA (Servicio Nacional de Calidad Agroalimentaria) categorizando la fruta cítrica según su estado, como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1: Límites superior e inferior entre los cuales se encuentra comprendida cada categoría. Estos valores corresponden a porcentuales de la superficie de la fruta cítrica afectada por causas de origen parasitario de acuerdo a la reglamentación de frutas frescas vigente en la Argentina.

	Superior (S)	Elegido (E)	Comercial (C)	Común (M)	Descarte (D)
Porcentaje	>0% <2.5%	>2.5% <5%	>5% <7.5%	>7.5% <12.5%	>12.5%

Superior: Es la principal categoría comercial, donde los frutos no presentan ningún defecto, o tienen menos de 2,5% de su superficie con algún daño.

Elegido: Incluye a los frutos que tienen hasta 5% de algún defecto que hace que la fruta pierda calidad. Si bien los frutos poseen algún defecto, mantienen la posibilidad de ser exportados.

Comercial: En esta categoría los frutos tienen hasta 7,5% de daño en su superficie. Su destino, generalmente es el mercado interno.

Común: Comprende los frutos que son afectados hasta por 12,5 % de su superficie con algún factor. Su destino es el mercado interno.

Descarte: Más de 12,5 % de su superficie tiene algún factor que afecta su calidad. Son frutos que tienen como destino la industria.

Se consideran calidades exportables a los frutos de categoría superior y elegido. En este trabajo los frutos de la categoría comercial no se los consideró dentro de exportables. Los frutos de categoría comercial están destinados al mercado interno, junto con la categoría común. La categoría descarte tiene como destino la industria. La conjunción en el fruto evaluado de los hasta cuatro factores considerados que afectan a su calidad conformarán la clase donde se lo encuadrará. El principal indicador de calidad utilizado en este trabajo fue el porcentaje de frutos exportables.

D. FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD

Se efectuó el análisis de los factores que afectan el rendimiento sin considerar el calibre como factor de descarte, con el objetivo de evitar la pérdida de información sobre la distribución de los demás factores que afectaron la calidad de los frutos y que están presentes también en los frutos de calibre menor. Dentro de los problemas fitosanitarios que afectan el rendimiento y la calidad de los lotes evaluados se encontraron factores bióticos, que incluyen plagas (cochinillas, trips, pájaros, cátidos, malezas) y enfermedades, (cancrosis, mancha negra, sarna, melanosis, psorosis); factores abióticos, (rameado, frío, sol, golpes, oleocelosis, *creasing*, calibre, forma, color) y factores de manejo, (sitio de plantación, poda, fertilización, riego). Todos estos factores afectan a los lotes influyendo sobre el rendimiento, sobre la calidad y algunos conjuntamente afectan al rendimiento de los árboles y a la calidad de la fruta. Usando las primeras observaciones, se identificaron factores de mayor prevalencia que luego fueron analizados más detalladamente en ambos lotes.

E. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Partiendo de la información poblacional, derivada del registro de un tercio de las plantas y un tercio de los frutos de cada planta relevada en cada

lote, se obtuvieron las distribuciones de frutos según categorías de calidad, que en adelante se denominaran “gold standard”. Se considera que esta población o universo evaluado se corresponde aproximadamente con un noveno de la fruta total de cada uno de los lotes.

Se calcularon los porcentajes de las calidades comerciales del universo obtenido para ambos lotes y para los nuevos esquemas de muestreo propuestos. Para el muestreo de una de cada dos plantas, se salteó una planta, y para una de cada tres se salteó dos plantas, borrándolas de la base de datos original. Se reduce así, el esquema original de muestreo del lote de una planta de cada tres, a una de cada seis y a una de cada nueve plantas, obteniéndose otras dos bases de datos conformadas por un menor número de plantas seleccionadas en forma sistemática.

Usando la técnica de remuestreo (Efron, 1979) se implementaron distintos tipos de muestreos aleatorios de frutos para variar la cantidad de frutos observados por planta, variando en tres niveles: 8, 16 y 24 frutos por planta, aplicándolos a cada una de las tres bases de datos.

Los porcentajes de frutos de calidad exportación, calidad mercado interno y calidad industria estimados a partir de cada uno de los 9 planes de muestreo propuestos se compararon con respecto al porcentaje estimado en la población de estudio (“gold standard”). Complementariamente, los nuevos esquemas de muestreo fueron también evaluados respecto a los porcentajes de *creasing* en el lote A y *creasing*, melanosis, podridos y cancrrosis, como factores importantes que afectan la calidad en el lote B. Se utilizó el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2014) para realizar los remuestreos. Se realizó un remuestreo sin reposición (Balzarini *et al.*, 2008), ya que cuando se evalúa cada fruta, no se la puede volver a considerar. En cada esquema de muestreo se obtuvieron 30 muestras a partir del universo original. A los efectos de ajustar los análisis a situaciones similares a la mayoría de las plantas del lote, se descartaron de las bases de datos originales los sitios con falla, y las plantas y replantes con rendimiento menor a 70 frutos. La sectorización de las plantas en cuadrantes y alturas no se utilizó en el remuestreo debido a la ausencia de frutos en algunos de los sectores que obstaculizaban el análisis estadístico. Por esta causa se decidió aplicar el remuestreo al azar de los frutos de toda la planta en su conjunto.

Se aplicó el estadístico t de Student para determinar la igualdad entre el valor estimado a partir de un esquema de muestreo particular y el “gold standard”. En el Anexo II se describen los pasos que se siguieron en el programa InfoStat, para obtener las muestras por remuestreo y para evaluar las diferencias entre las estimaciones obtenidas y los valores poblacionales originalmente medidos (“gold standard”).

F. RELACION ENTRE CALIDAD, RENDIMIENTO Y FACTORES

Para estudiar la correlación entre las variables rendimiento, calidad del fruto y los factores que la afectan, se realizó un Análisis de Componentes Principales (Balzarini et al., 2008). Los resultados del ACP fueron graficados en un biplot para cada lote, que permiten estudiar la asociación entre las variables analizadas.

G. METODOLOGÍA PARA ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL

El mapeo de la variabilidad espacial fue efectuado para las variables rendimiento, calidad exportable, rameado y para el factor de mayor impacto en la determinación de la calidad de fruta en ambos lotes, *creasing*. El mismo se realizó mediante el ajuste de semivariogramas empíricos y teóricos y la posterior interpolación espacial utilizando la técnica de kriging ordinario (Oliver y Webster, 2014). La estimación de los parámetros del semivariograma teórico se realizó mediante el método de máxima verosimilitud restringida (REML) (Searle et al., 1992). Se ajustaron modelos de correlación espacial del tipo exponencial y esférico (ambos con y sin efecto nugget). Para la selección del modelo de mejor ajuste se utilizó el Criterio de Información de Akaike (AIC) (Akaike, 1973). El modelo seleccionado fue comparado con el modelo de errores independientes (sin correlación espacial) utilizando también el AIC. El supuesto de normalidad de los residuos fue evaluado mediante pruebas gráficas (histogramas). Todos los análisis geoestadísticos fueron realizados con la librería “geoR” (Ribeiro Jr. y Diggle, 2001) del software R (R Core Team, 2014).

CAPITULO 3

RESULTADOS

A. CARACTERIZACIÓN DEL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN EN DOS LOTES DE NARANJO VALENCIA LATE.

En el lote A el rendimiento por planta osciló entre 150 y 800 frutos, con la excepción de 3% de replantes jóvenes, con un rendimiento menor a 150 frutos. En el lote B, en cambio, los rendimientos fueron variables, oscilando entre 0 y 800 frutos por planta, con 18% de plantas de menos de 150 frutos, 5% de fallas en el lote y 30% de plantas adultas obsoletas. Se evaluaron y contaron en total 27986 frutos en lote A y 19342 frutos en lote B. El total de frutos estimados para el lote A es 251874 y para el lote B, 174006. Una vez estimado el número total de frutos, se les asignó un peso promedio a cada fruto según los tres rangos de calibres establecidos. El peso promedio de los frutos chicos es 120.6 gr en el lote A, y 100.6 gr en el lote B. Para los frutos medianos se consideró 164.9 gr en el Lote A y 180.2 gr en el lote B. Para los frutos grandes se consideró 260 gr, presentes únicamente en el lote B, en un bajo porcentaje. El porcentaje de frutos de calibre normal (65 - 85 mm) en el lote A es 56% y calibres chicos (menos de 65 mm) 44%. No se encontró frutos grandes, (más de 85mm). En el lote B el porcentaje de calibres grandes (mas de 85 mm) encontrado es muy bajo, 0.06%. El porcentaje de frutos de calibre normal fue de 73% (60 – 85 mm) y los frutos de calibre chico, 27% (menos de 60 mm).

En la tabla 2 se presenta el total de frutos estimados y el rendimiento calculado por lote. En el lote A se estimó el rendimiento en 31,3 t/ha y en el lote B 19,3 t/ha.

Tabla 2: Número de frutos, calibre y rendimiento estimados para los dos lotes evaluados

Calibres	Lote A			Lote B		
	N° Frutas	Peso en g.	Peso total en g	N° Frutas	Peso en g.	Peso total en g
Frutos grandes						
Lote A: (+ de 85 mm)	0	0	0			
Lote B: (+ de 85 mm)				108	260.0	28080
Frutos normales						
Lote A (65 – 85 mm)	141750	164.9	23374575			
Lote B (60 - 85 mm)				126540	180.2	22802508
Frutos chicos						
Lote A: (- de 65 mm)	110124	120.6	13280954			
Lote B (- de 60 mm)				47430	100.6	4771458
Total	251901		36655529	174078		27602046
Rend. (t/lote)			36.6			27.6
Rend. (t/ha)			31.3			19.3

B. FACTORES QUE AFECTAN AL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE LOS FRUTOS

En los dos lotes se encontraron factores que afectaron al rendimiento de las plantas y la calidad de los frutos, diferenciándose ambos lotes en la cantidad de factores encontrados. El lote A, consecuencia de un mejor estado fitosanitario, tiene un número menor de factores que el lote B, tanto de los que afectan al rendimiento de las plantas como los que influyen sobre la calidad de los frutos. Además existen factores que afectan conjuntamente al rendimiento de los árboles y a la calidad de los frutos, como el efecto de competencia de las cortinas, psorosis, CVC, poda y fertirriego.

C. FACTORES QUE AFECTAN AL RENDIMIENTO DE LAS PLANTAS

Cortina: Las cortinas rompevientos, al competir por agua, nutrientes y luz afectan no solo a las plantas, sino también a los calibres y a la coloración de los frutos. En el lote A no se puede observar un efecto marcado de las cortinas,

atribuible en parte al mejor estado general del lote y a que el mismo cuenta con sistema de riego por goteo, que compensa en parte al déficit hídrico y de nutrientes provocado por la competencia de los árboles de la cortina. En el lote B, que carece de sistema de riego, las cortinas presentan competencia sobre los árboles cítricos en los sectores norte y este y una fuerte competencia de una plantación de eucaliptos vecina, que actúa también como cortina, localizada hacia el sector sur.

Clorosis variegada de los cítricos (CVC): En el lote A no se observan síntomas de CVC en las plantas, en cambio es una enfermedad importante que impacta sobre el rendimiento de las plantas en el lote B, con 51% de plantas afectadas por este problema. El CVC afecta también al calibre de los frutos, por lo que dentro del lote B una importante proporción de frutos, no cuantificada, pertenecen a calibres muy chicos. Figura 5.



Figura 5: planta de Valencia late con Clorosis variegada de los Cítricos (CVC)

Edad: En el lote A son 6% las plantas jóvenes evaluadas, el resto son plantas adultas en producción. En cambio en el lote B, si bien se observa 6% de plantas jóvenes, existen también plantas adultas en estado terminal que

necesitan ser arrancadas, afectadas en forma importante por los factores analizados y con muy bajo rendimiento.

Fallas: El lote A no presenta faltante de plantas y el lote B tiene 5% de fallas.

Frío: El lote A no tiene sectores de plantas afectadas por frío, en cambio el lote B tiene sectores más bajos, con presencia de plantas afectadas por acumulación de frío, las cuales presentan menor desarrollo de copa.

Poda: En el lote A es el principal factor que afectó al rendimiento de las plantas, al haber recibido una poda fuerte en el final de la temporada de verano. El lote B no fue podado en la última temporada.

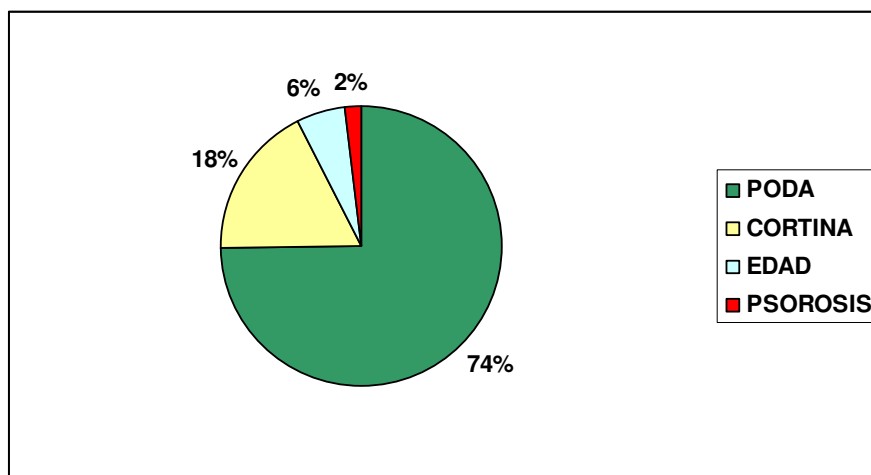
Psorosis: En el lote A se observa 2% plantas afectadas, pero en general en los primeros estadios de la enfermedad, no influyendo en la calidad de los frutos producidos. En el lote B afecta el rendimiento de 5% de las plantas como factor principal. Los frutos de los árboles afectados por psorosis presentan también problemas de calidad, con altos porcentajes de melanosis. En la figura 6 se observa una planta del lote B severamente afectada por psorosis.



Figura 6: planta cítrica severamente afectada por psorosis.

Taladro: No está presente en el lote A. El lote B presenta un ataque severo de taladro, afectando la estructura de sostén de 20% de las plantas, las cuales presentan muchas ramas quebradas o debilitadas por las galerías que producen sus larvas en el leño, especialmente en sus estadios larvales mayores.

Lote A



Lote B

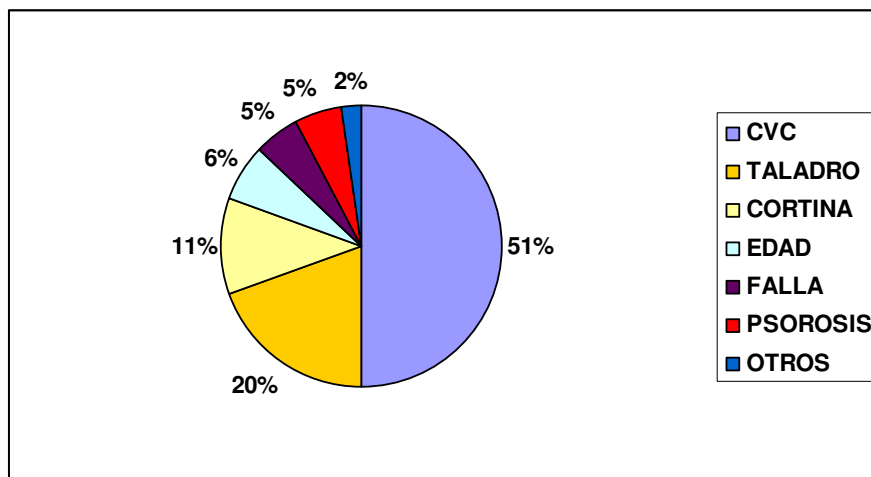


Figura 7: Porcentaje de plantas afectadas por distintos factores principales que impactan en el rendimiento de las plantas del lote A y del lote B.

Creasing: El rajado del albedo del fruto, denominado comúnmente *creasing*, al debilitar la cáscara, favorece el ingreso de hongos que generan pudriciones, y provocan una merma del rendimiento de las plantas por una importante caída de frutos. Si bien esta proporción de frutos en el suelo no fue cuantificada en este trabajo, en el lote B se apreció visualmente una diferencia en la cantidad

de frutos podridos presentes en el suelo en plantas afectadas por *creasing* respecto de las no afectadas.

D. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LOS FRUTOS

Ambos lotes presentan una calidad de fruta diferente, siendo la categoría exportable (superior mas elegido) mayor en el lote A, con 23 y 36% respectivamente, 23% es comercial, 9% común y 9% descarte. De la totalidad de los frutos evaluados en el lote B, 10% es superior y 16% elegido, 41% calidad comercial, 6% común y 27% descarte. (Tabla 3).

Tabla 3. Calidades comerciales de los frutos de ambos lotes

	Lote A		Lote B	
	N° Frutas	%	N° Frutas	%
Superior (S)	6304	23	1876	10
Elegido (E)	10053	36	3117	16
Comercial (C)	6471	23	7973	41
Común (M)	2529	9	1163	6
Descarte (D)	2629	9	5213	27
Total	27986	100	19342	100

Para simplificar su estudio en este trabajo, estos porcentajes fueron reagrupados según su mercado de destino (Tabla 4).

Tabla 4. Categorías comerciales según mercado de destino

	Lote A		Lote B	
	N° frutas	%	N° frutas	%
Exportación (S+E)	16375	59	4993	26
Mercado interno (C+M)	9000	32	9136	47
Industria (D)	2639	9	5213	27
Total	27986	100	19342	100

Cancrosis: Esta enfermedad está ausente en el lote A y solamente está presente en 0,1% en los frutos del lote B.

Cátidos: Se observa una leve presencia en el lote A, de menos de 1%. En el lote B no se encontró.

Cochinillas: Hay un 2% de cochinillas en la totalidad de la fruta del lote A, en cambio en el lote B no se encuentran en un porcentaje significativo.

Creasing: En el lote A, sobre el total de frutos, presenta un 5% de *creasing*. En cambio en el lote B, más del 16% de los frutos lo tienen como principal factor que afecta su superficie. En la figura 8 se observa el daño característico del *creasing* en el albedo de la fruta.



Figura 8: Cortes en la cáscara de un fruto de naranja afectado por *creasing* mostrando el daño en su corteza.

Forma: En el lote A existe un 1,5% de frutos deformes mientras que lote B presenta 4.7%.

Fumagina: En el lote A el porcentaje de presencia de fumagina es bajo, y como factor secundario. En el lote B también es muy escasa su presencia.

Golpe: En el caso del lote A la incidencia de los golpes sobre la fruta abarca un 2,6% y en el lote B 2,9%.

Helada: En el lote A no se registraron frutos con estos síntomas y en el lote B se registraron frutos con algún daño por frío, pero en cantidad despreciable para su análisis, generalmente como un factor secundario.

Mancha negra: En el lote A se encontró una mínima cantidad, 0,07%, mientras que en el lote B no se encontró ninguna fruta con síntoma de mancha negra.

Melanosis: En el lote A están afectados menos del 1% de los frutos. En el lote B presenta un total de frutos afectados por melanosis de 11,3%.

Oleocelosis: En el lote A se encontró un 7,5% de frutos con oleocelosis. No se registró su presencia en el lote B.

Podridos: En el lote A se muestrearon 1,5% de frutos afectados por podredumbres. En el lote B, 3,5%.

Rameado: Ambos lotes, A y B tienen un total de frutos con rameado de 47 y 46% respectivamente.

Sarna: En ambos lotes no se encontró sarna en porcentajes considerables, siendo contemplados en los cuadros dentro de la clasificación “otros”.

Sol: En ambos lotes el daño por sol es poco significativo.

Sin defectos: El lote A presenta 9,4% de frutos libres de defectos, mientras que el B, 2,3%.

En la bibliografía se provee de material de consulta para ampliar el conocimiento sobre los diversos factores de interés (Sistema FruTIC, 2015; Manual de Citricultura, EEA INTA Concordia, 1995; Protocolos de Producción Integrada, Marcó 2001; Palacios, 2005).

En la Tabla 5 se presentan las frecuencias absolutas relacionadas a los distintos factores que afectan la calidad para el lote A. En la Tabla 6 se presenta la misma información para el lote B.

Con estos factores, atribuidos a las plantas y a los frutos evaluados de cada planta, se confeccionaron las bases de datos con las que se caracterizaron los lotes.

Tabla 5. Número de frutos del lote A afectados por los diferentes factores según categoría comercial de la fruta.

Factor	Exportables		Mercado interno		Industria	Total
	Superior	Elegido	Comercial	Común	Descarte	
Forma	22	43	65	145	134	409
Golpe	36	93	202	138	268	737
Cochinillas	1055	2026	1023	374	233	4711
Creasing	11	256	1069	675	732	2743
Cátidos	4	44	85	64	70	267
Melanosis	8	27	58	57	85	235
Mancha negra	0	5	5	4	5	19
Oleocelosis	198	1099	563	157	79	2096
Podridos	0	0	0	0	424	424
Rameado	2243	6417	3295	819	528	13302
Sol	1	23	100	66	27	217
Fumagina	100	16	3	1	0	120
Cancrosis	0	0	0	0	0	0
Otros	0	4	3	29	44	80
Sin defectos	2626	0	0	0	0	2626
Total	6304	10053	6471	2529	2629	27986

Tabla 6. Número de frutos del lote B afectados por los diferentes factores según categoría comercial de la fruta.

Factor	Exportables		Mercado interno		Industria	Total
	Superior	Elegido	Comercial	Común	Descarte	
Forma	35	159	413	64	236	907
Golpe	54	115	244	25	127	565
Cochinillas	301	353	387	11	42	1094
Creasing	18	87	779	34	3241	4159
Cátidos	0	0	0	0	0	0
Melanosis	389	533	960	42	257	2181
Mancha negra	0	0	0	0	0	0
Oleocelosis	0	0	0	0	0	0
Podridos	0	0	0	0	690	690
Rameado	619	1845	5083	978	437	8962
Sol	0	0	5	0	8	13
Fumagina	12	7	3	0	0	22
Cancrosis	0	0	11	0	9	20
Otros	2	16	88	9	166	281
Sin defectos	446	0	0	0	0	446
Total	1876	3115	7973	1163	5213	19340

Selección de los factores principales: la Figura 9 se muestra la comparación de los porcentajes de los factores encontrados en las categorías común y descarte en ambos lotes, utilizada para determinar los factores principales que afectan los frutos de cada lote.

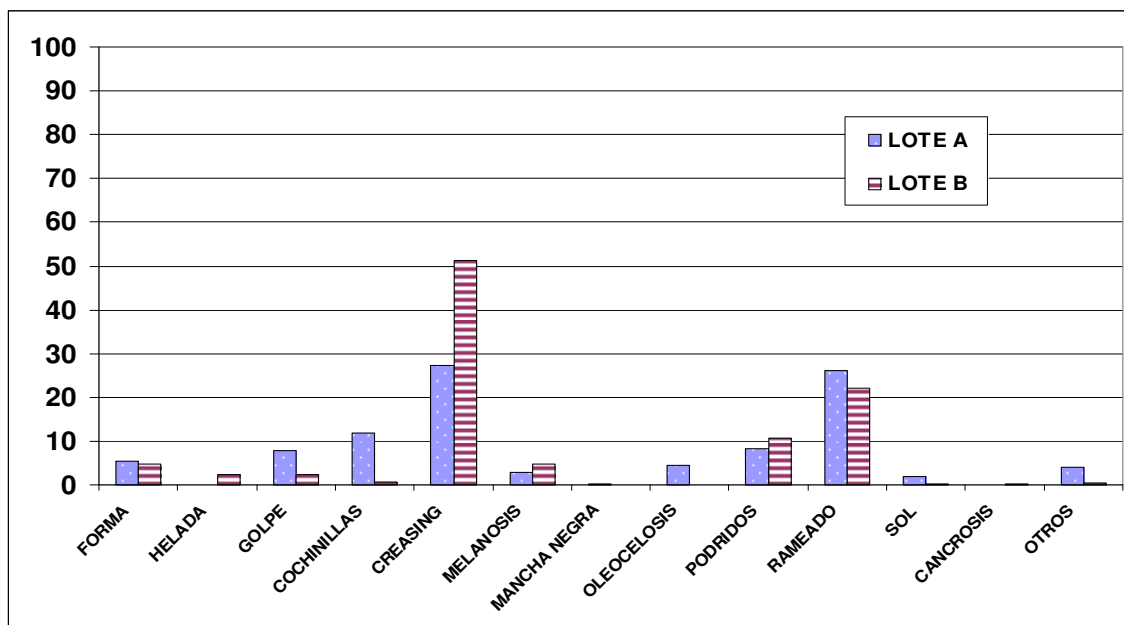


Figura 9: Comparación de los diferentes porcentajes de frutos de las categorías común y descarte afectados por los principales problemas de calidad de la fruta de los lotes A y B de naranja Valencia late.

Con esta nueva clasificación, se puede observar que el *creasing* es importante en ambos lotes, afectando 28% de las frutas categorías común y

descarte del lote A, mientras que en lote B tiene 51% de frutos con *creasing*, Aun así se debe tener en cuenta que las cantidades relativas totales de frutos de calidad común y descarte de ambos lotes es muy diferente, 33% en el lote A y 18% en el lote B. El rameado, con 26 y 22% de frutos afectados, continúa como el segundo factor en importancia para ambos lotes. Las cochinillas afectaron a 11% de los frutos categorías común y descarte del lote A, en cambio en el lote B no se registraron porcentajes importantes. La presencia de frutos podridos en las plantas es de un 9 y 10,5% respectivamente en los lotes A y B, asociados generalmente al problema de *creasing*, presente en ambos lotes. La oleocelosis, registrada en el lote A, comprende 5% de los frutos categoría común y descarte, mientras que el lote B, no presenta oleocelosis. En cuanto a las enfermedades cuarentenarias, el lote A tiene un bajo porcentaje de mancha negra, y carece de cancrrosis, mientras que el lote B tiene cancrrosis en fruto, en escasa proporción, pero no se encontró ningún fruto con mancha negra. En base a estos análisis realizados en la fruta de menor calidad, en el lote A se seleccionaron para un análisis de correlación con el rendimiento los factores *creasing*, rameado y cochinillas. Para el lote B se tomaron como factores de análisis *creasing*, melanosis, podridos y rameado. También se realizó un análisis exploratorio de cancrrosis como representante de la evaluación de enfermedades cuarentenarias.

E. ANALISIS DE LA RELACION ENTRE CALIDAD, RENDIMIENTO Y FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD

En la Figura 10 se presenta el gráfico biplot obtenido a partir de un análisis de Componentes Principales de las variables de calidad, rendimiento y los factores más representados en el lote A que afectan la calidad. Los resultados sugieren que el porcentaje de frutos de mayor calidad no estuvo correlacionado con los frutos afectados por cochinillas y rameado. En cambio se muestra una correlación negativa importante entre la calidad y el factor *creasing*, indicándolo como el principal factor que influyó sobre los porcentajes de calidad. A su vez se puede observar una correlación positiva entre el factor *creasing* y el rendimiento, lo que sugiere que las plantas de mayor rendimiento son las que manifiestan más *creasing*. También los resultados sugieren que habría una relación inversa entre rendimiento y calidad de fruta exportable, lo

que podría estar significando que las plantas de mayor carga son más afectadas por el *creasing*, principal factor que afecta la calidad de frutos del lote. Por último el rendimiento esta correlacionado negativamente con el rameado, lo que estaría indicando que las plantas de mayor rendimiento, están menos afectadas por el rameado.

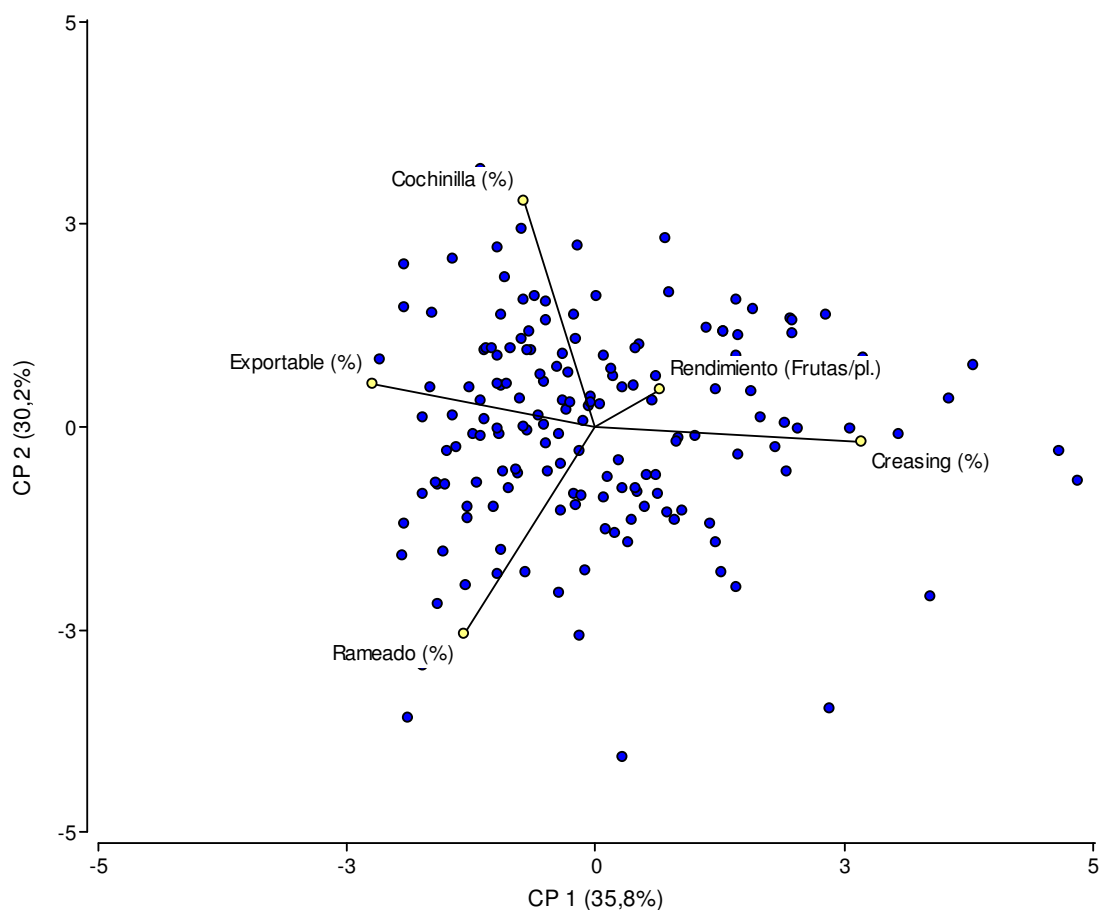


Figura 10. Gráfico biplot de un Análisis de Componentes Principales usado para describir la variabilidad en calidad, rendimiento y para los factores mas representados en el lote A que afectan la calidad.

En la Figura 11 se presenta el gráfico biplot obtenido a partir de un Análisis de Componentes Principales de variables de calidad, rendimiento y factores más representados en el lote B que afectan la calidad. El biplot muestra que el porcentaje de frutos exportables se correlacionó en forma negativa con el porcentaje de *creasing* y melanosis, en cambio se correlacionó positivamente con frutos afectados por rameado, sugiriendo que la calidad de los frutos fue afectada en mayor medida por los factores *creasing* y melanosis,

que por rameado. El monitoreo del rameado podría haber quedado enmascarado por el de *creasing* ya que aquellas plantas con mayor reporte de *creasing* fueron aquellas con menor rameado. Con respecto al rendimiento el factor podrido se correlaciona negativamente, las plantas con mayor rendimiento fueron las que menos frutos podridos presentaron, lo que estaría indicando que el factor podrido provocó una disminución del rendimiento de las plantas.

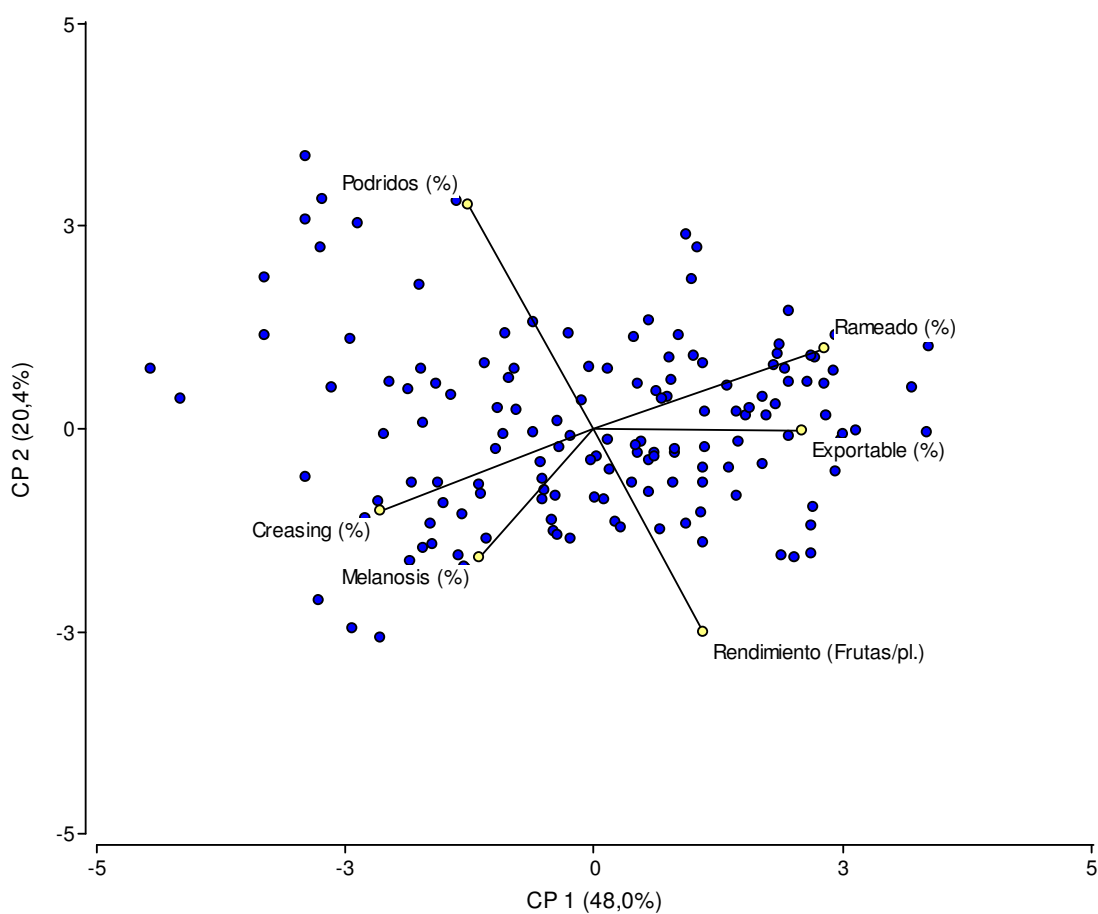


Figura 11. Se presenta el biplot de un análisis de componentes principales usado para describir la variabilidad en calidad, rendimiento y para los factores que afectan calidad más representados en el lote B.

F. EVALUACIÓN DE ESQUEMAS ALTERNATIVOS DE MUESTREO

El total de frutos (tamaño de muestra) que se evaluó en cada esquema de muestreo sugerido se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Número de frutos muestreados según cantidad de plantas y frutos considerados por cada planta (esquema de muestreo) para dos lotes comerciales de naranja Valencia late con un universo de N=27986 y N=19342 frutos evaluados.

Lote	Cantidad de Plantas Muestreadas	Cantidad de Frutos Muestreados por Planta		
		8	16	24
A (N=27986)	Todas	1272	2544	3816
	Una de cada 2	640	1280	1920
	Una de cada 3	424	848	1272
B (N=19342)	Todas	1176	2352	3528
	Una de cada 2	592	1184	1776
	Una de cada 3	400	800	1200

1. Resultados de los muestreos en Lote A

1.1. Análisis de la calidad del fruto

En las Figuras 12, 13 y 14 se presentan para cada esquema de muestreo propuesto las estimaciones del porcentaje de frutas en la calidad exportación, mercado interno e industria, respectivamente. En cada uno de los gráficos de caja se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos de la categoría de calidad en estudio. Se observa que para todos los esquemas de muestreo el porcentaje de frutas en la categoría exportación fue estimado con un sesgo (diferencia entre los valores estimados por cada muestreo y el “gold standard”) relativamente bajo. Las distribuciones de las estimaciones fueron simétricas para todos los esquemas de muestreo, sugiriendo que no existen tendencias a sobre o subestimar el verdadero valor poblacional. El coeficiente de variación (CV) de los porcentajes estimados a través de todos los esquemas de muestreo, fue de 2,4%, es decir que las estimaciones resultaron eficientes (poco variables de muestra a muestra). En las estimaciones para el caso de uno de cada tres árboles se observó un sesgo negativo.

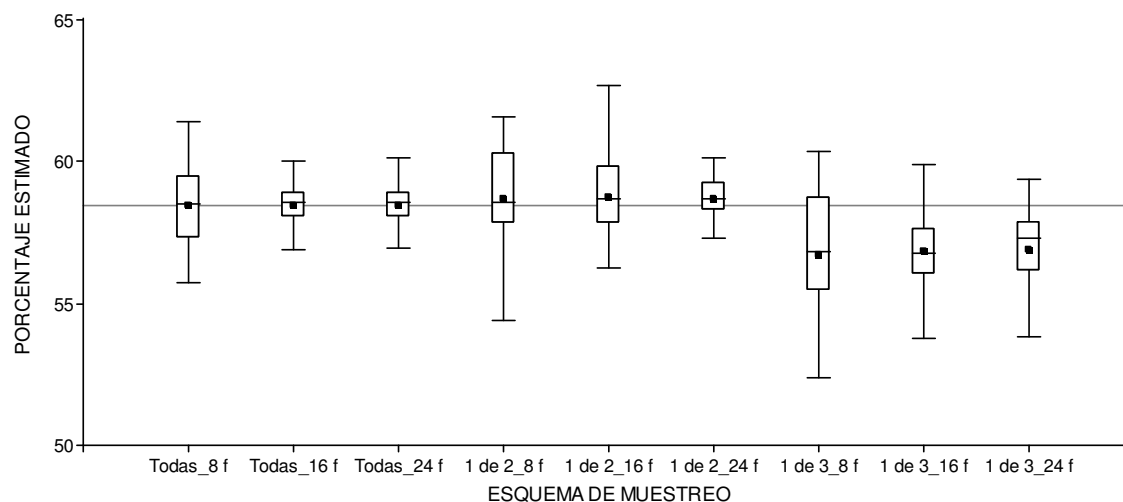


Figura 12. Porcentaje de frutas de calidad exportación para el lote A, estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo: muestreo de todas las plantas relevadas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos.

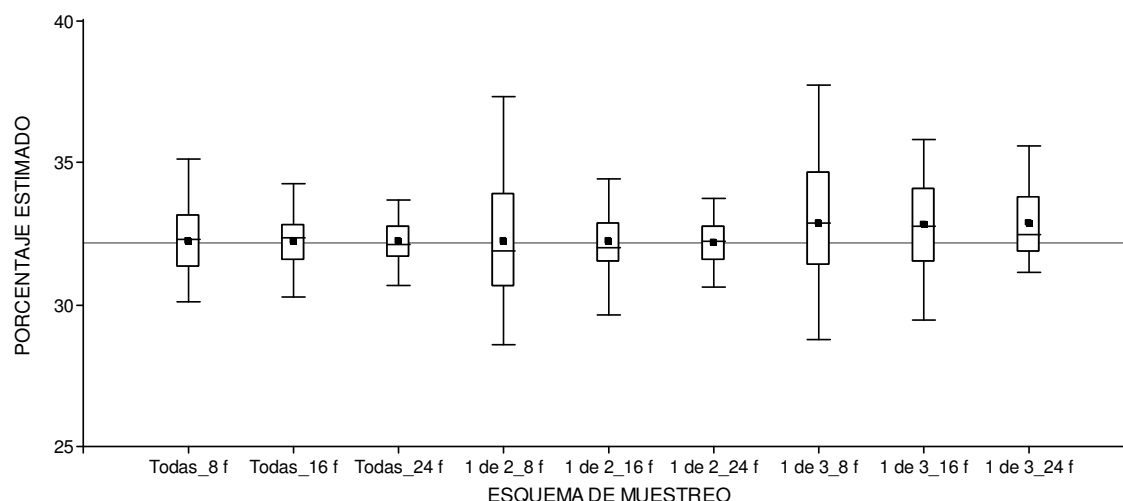


Figura 13. Porcentaje de frutas de calidad mercado interno del lote A, estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo: muestreo de todas las plantas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos.

Para la categoría mercado interno, principalmente para el caso de menor cantidad de árboles seleccionados (1 de cada 3) se observó un sesgo positivo. Sin embargo, se lograron estimaciones precisas ya que en promedio esos sesgos fueron de 0,31 % respecto al verdadero valor de frutos en esta categoría. El CV de las estimaciones fue de 4.7%, en promedio a través de

todos los esquemas de muestreos sugiriendo también la presencia de estimaciones eficientes.

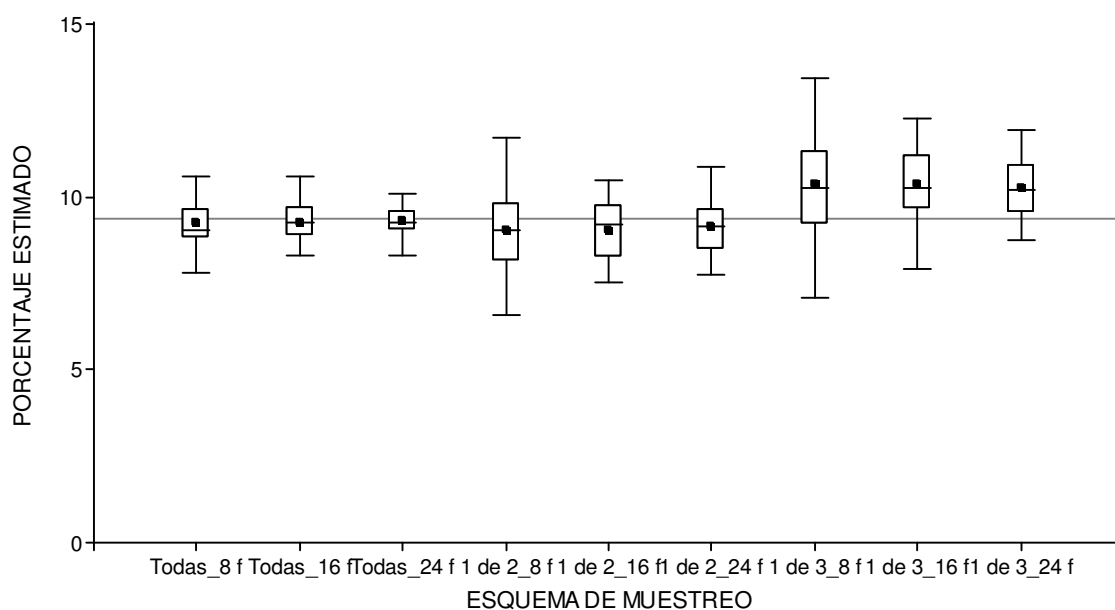


Figura 14. Porcentaje de frutas de calidad industria para el lote A, estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo: muestreo de todas las plantas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos.

Las estimaciones de porcentaje de frutos en la categoría industria fueron las de mayor variabilidad entre muestras, aunque igual a la otras categorías la estimación derivada de los planes de muestreos ensayados sigue siendo precisa ($CV=9.1\%$). Los sesgos mayores se observaron con los muestreos que involucraron la observación de 1 de cada 3 plantas. En este caso fueron sesgos positivos.

Dado que los porcentajes de frutos en las tres categorías comerciales que se estiman suman un 100%, la calidad así medida constituye una variable composicional y por tanto, cuando una categoría se subestima (como fue el caso del porcentaje de frutos para mercado interno) es de esperar que otra categoría se sobrestime. En este lote la categoría exportable, que fue la mejor estimada, era la categoría de mayor representación.

La variabilidad de las estimaciones se vio más reducida con el aumento de la cantidad de plantas que se observan que con el aumento de la cantidad de frutas observadas por planta. El muestreo de una de cada dos plantas y

seleccionando 8 frutos (1 de 2_8 f) fue entre los esquemas de menor esfuerzo de muestreo, el que produjo estimaciones de porcentaje de frutas exportables con un sesgo bajo (0.24%) y baja varianza entre estimaciones. En cuanto a la estimación del porcentaje de frutas para mercado interno e industria los valores de los sesgos fueron también bajos (0.11% y -0.35% respectivamente) (Tabla 8).

En la Tabla 8 se presentan las diferencias promedio entre las estimaciones obtenidas con cada esquema de muestreo y el “gold standard” correspondiente, junto con la significancia estadística de la prueba t de Student implementada para rechazar o no la hipótesis nula de diferencia cero entre el valor estimado y el valor poblacional que se pretende estimar. Los resultados muestran que los esquemas de muestreo en el cual se observan todas las plantas y se seleccionan 8, 16 o 24 frutos (Todas_8 f, Todas_16 f y Todas_24f) y el esquema en el que se toman una de cada dos plantas seleccionando 8 frutos por planta (1 de 2_8 f), presentaron estimaciones sin diferencias estadísticamente significativas con la existencia de frutas en el lote para todas o algunas de las categorías de calidad.

Tabla 8. Diferencias promedio para el lote A entre los porcentajes estimados de cada categoría comercial de fruto (exportación, interno e industria) obtenido con cada esquema de muestreo y el valor poblacional (sesgo). Muestreo de todas las plantas monitoreadas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente).

Esquema Muestreo	Sesgo		
	Exportación	M. Interno	Industria
Todas_8 f	0,03	0,12	-0,11
Todas_16 f	0,02	0,09	-0,12
Todas_24 f	0,03	0,06	-0,08
1 de 2_8 f	0,24	0,11	-0,35
1 de 2_16 f	0,28	0,05	-0,34**
1 de 2_24 f	0,26	0,00	-0,27*
1 de 3_8 f	-1,70***	0,73*	0,98***
1 de 3_16 f	-1,60***	0,63**	0,97***
1 de 3_24 f	-1,54***	0,69***	0,85***

*Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,10$.

**Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,05$.

***Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,01$.

1.2. Análisis de tamaño de muestra para la estimación del factor *creasing*

Como se puede observar en el gráfico de cajas de la Figura 15, las estimaciones del factor *creasing* para el lote A se aproximaron al valor “gold standard” en los muestreos de todas las plantas y una de cada dos plantas. En el muestreo de una de cada tres plantas los desvíos fueron mayores, registrándose un sesgo hacia los valores positivos. Para los esquemas de muestreo de todas las plantas y de una cada dos plantas el porcentaje de frutas afectadas por el factor *creasing* fue estimado con un sesgo relativamente bajo. En cambio cuando se considera una de cada tres plantas y especialmente cuando se seleccionan 8 y 16 frutos por planta, los sesgos aumentan en forma importante. Las distribuciones de las estimaciones fueron simétricas para todos los esquemas de muestreo, sugiriendo que no existen tendencias a sobre o subestimar el verdadero valor poblacional. Las estimaciones resultaron eficientes, poco variables de muestra a muestra en los muestreos con mayor muestreo de plantas y/o frutos.

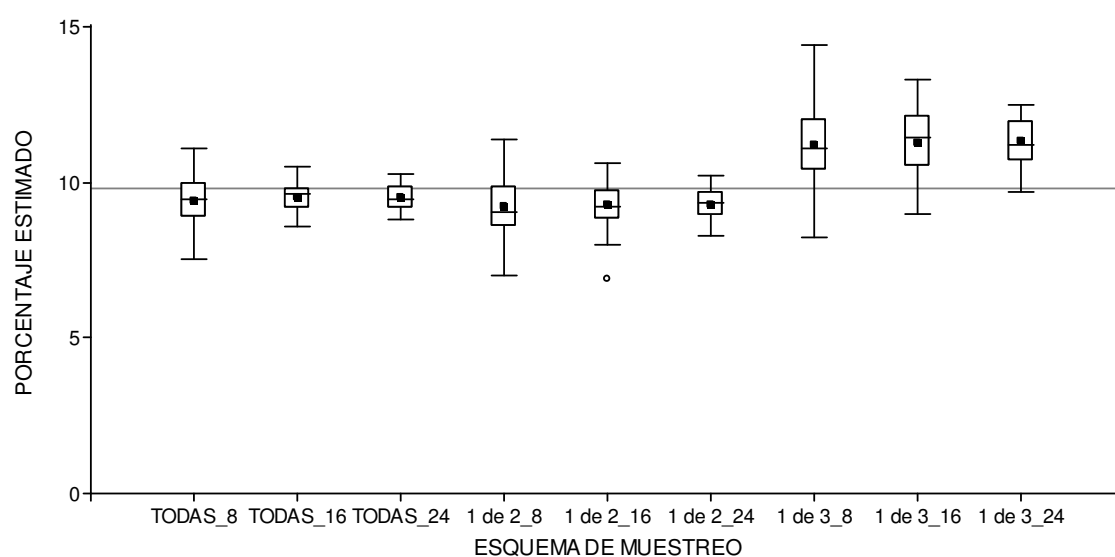


Figura 15. Porcentaje de frutas afectadas por el factor *creasing*, estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo: muestreo de todas las plantas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos.

En la Tabla 9 se presentan las diferencias promedio de los porcentajes obtenidos con los diferentes esquemas de muestreo y el valor gold standard correspondiente junto con la significancia estadística de la prueba t de Student

implementada para rechazar o no la hipótesis nula de diferencia cero entre el valor estimado y el valor poblacional que se pretende estimar del factor *creasing*. Los resultados muestran que entre los esquemas de muestreo se presentan estimaciones con diferencias estadísticas significativas en todos los casos. Estos resultados indican que para tener datos estadísticamente válidos, es necesario evaluar los factores en forma individual y no agrupados en categorías comerciales. Para ello es necesario realizar un trabajo más minucioso de evaluación y monitoreo dirigido a un problema específico.

Tabla 9. Diferencias promedio para el lote A entre los porcentajes estimados del factor *creasing* obtenido con cada esquema de muestreo y el valor poblacional (sesgo). Muestreo de todas las plantas monitoreadas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente).

Esquema Muestreo	Sesgo
Todas_8 f	-0,39*
Todas_16 f	-0,27**
Todas_24 f	-0,31*
1 de 2_8 f	-0,57*
1 de 2_16 f	-0,54*
1 de 2_24 f	-0,52*
1 de 3_8 f	1,41*
1 de 3_16 f	1,47*
1 de 3_24 f	1,50*

*Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,10$.

**Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,05$.

2. Resultados de los muestreos en Lote B

2.1. Análisis de la calidad del fruto

En todos los esquemas de muestreo el porcentaje de frutas en la categoría exportación y mercado interno fue estimado con un sesgo negativo. Mientras que para la calidad industria el sesgo fue positivo (Figuras 16, 17 y 18). Posiblemente la determinación “gold standard” puede haber estado afectada por la gran variabilidad de la calidad de frutas en el lote, que en promedio fue de baja calidad, como lo demuestra el porcentaje de frutas exportables, que es casi la mitad del observado en el lote A.

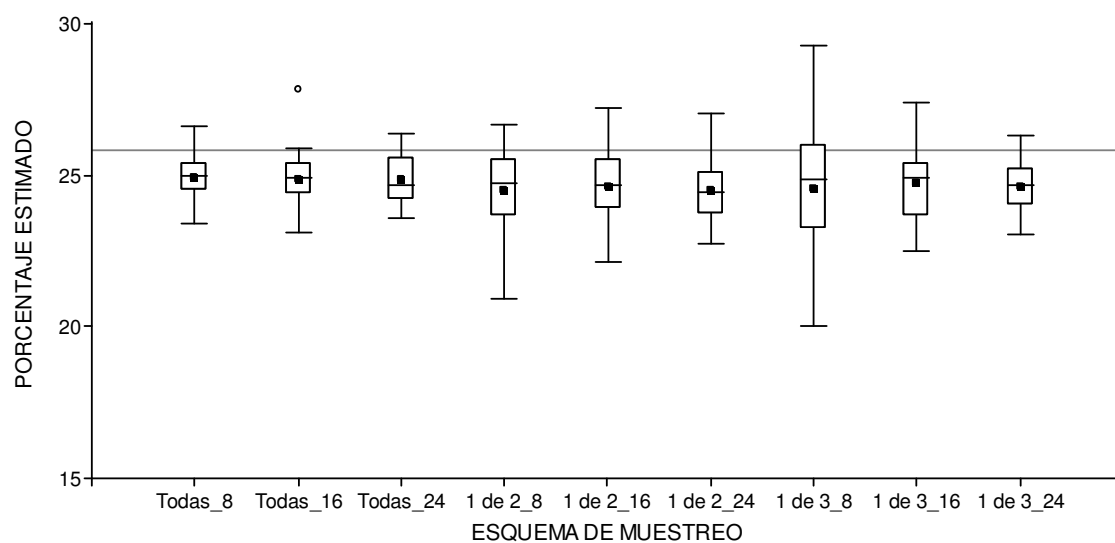


Figura 16. Porcentaje de frutas de calidad exportación para el lote B, estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo: muestreo de todas las plantas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos.

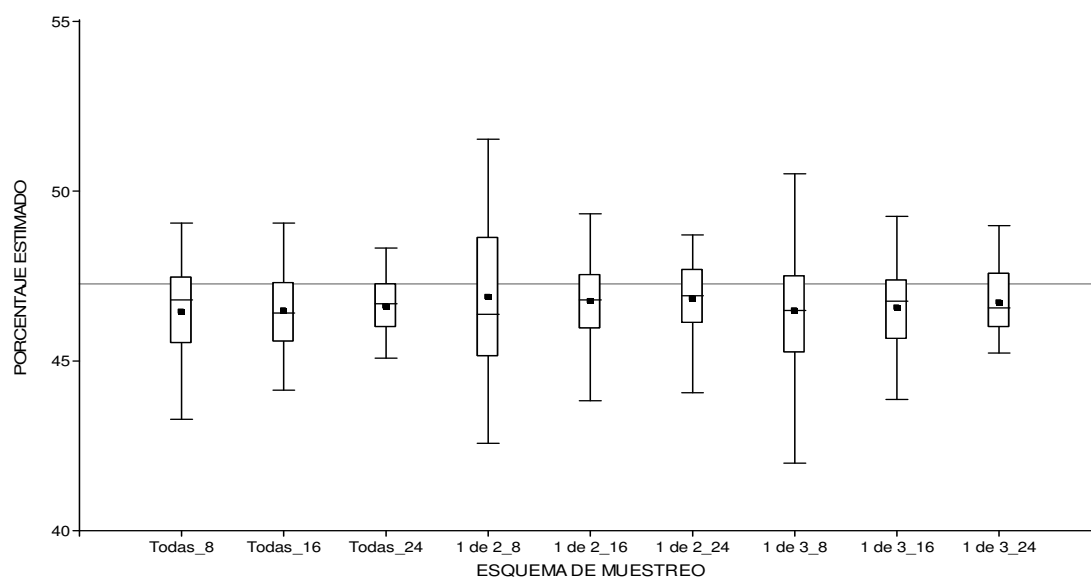


Figura 17. Porcentaje de frutas de calidad mercado interno para el lote B, estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo: muestreo de todas las plantas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos.

El CV de los porcentajes de exportación estimados a través de todos los esquemas de muestreo, fue de 5,3%, un valor que indica que las estimaciones son eficientes excepto para el esquema de muestreo de menor esfuerzo (una

de cada tres plantas y 8 frutos por planta) Para el porcentaje de mercado interno el coeficiente de variación fue de 3,1% y para los porcentaje de industria 4,3%. Es decir, siempre las variaciones de las estimaciones muestra a muestra es baja, no obstante en este lote las estimaciones fueron sesgadas y con mayor varianza para los muestreos de menor número de plantas.

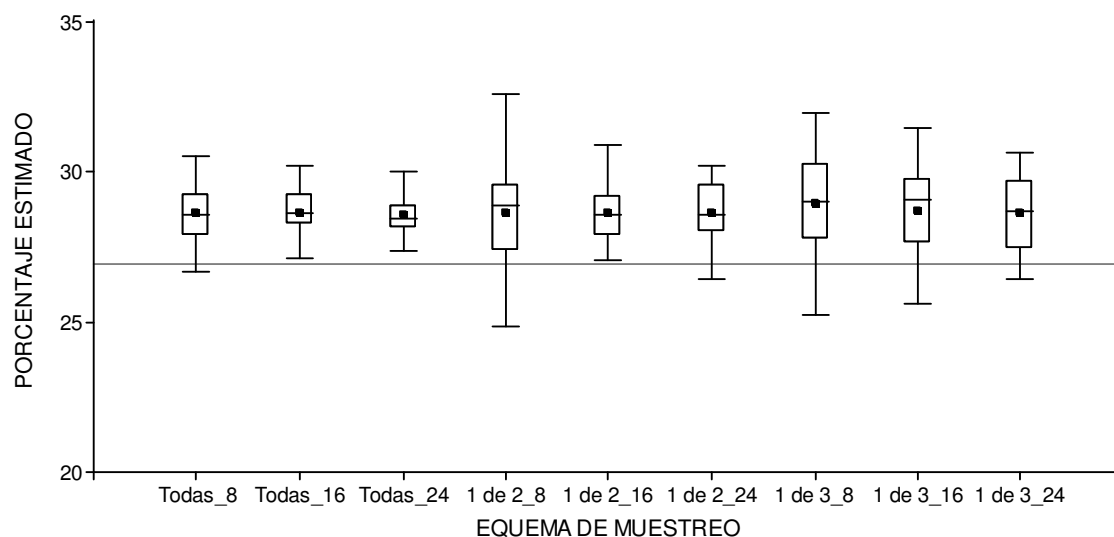


Figura 18. Porcentaje de frutas de calidad industria para el lote B, estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo: muestreo de todas las plantas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos.

En la Tabla 10 se presentan las diferencias promedio entre las estimaciones obtenidas con cada esquema de muestreo para las tres categorías comerciales consideradas y el “Gold Standard” correspondiente, junto con la significancia estadística de la prueba t de Student implementada para rechazar o no la hipótesis nula de diferencia de cero entre el valor estimado y el valor poblacional que se pretende estimar. Para todos los esquemas de muestreo en calidad exportación y mercado interno se observaron diferencias estadísticas significativas. En calidad industria no hubo diferencias significativas en solo dos esquemas de muestreo (1 de 2_16 f, 1 de 3_8 f). Por lo tanto en el lote B no se pudo encontrar ningún esquema de muestreo de los evaluados que haya sido estadísticamente eficiente en la estimación de la calidad de los frutos en las tres categorías consideradas.

Tabla 10. Diferencias promedio para el lote B entre los porcentajes estimados de cada categoría comercial de fruto (exportación, interno e industria) obtenido con cada esquema de muestreo y el valor poblacional (sesgo). Muestreo de todas las plantas monitoreadas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente).

Esquema Muestreo	Sesgo		
	Exportación	M. interno	Industria
Todas_8 f	-1,10***	-0,53***	1,63*
Todas_16 f	-0,95***	-0,69***	1,65***
Todas_24 f	-0,91***	-0,71***	1,62***
1 de 2_8 f	-1,48***	-0,55***	2,03*
1 de 2_16 f	-1,43***	-0,43***	1,86
1 de 2_24 f	-1,34***	-0,49***	1,83**
1 de 3_8 f	-1,01**	-0,59***	1,60
1 de 3_16 f	-1,21***	-0,65***	1,85**
1 de 3_24 f	-1,10***	-0,64***	1,74**

*Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,10$.

**Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,05$.

***Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,01$.

2.2. Análisis del tamaño de muestra para el factor *creasing*

En la Figura 19 se presentan la estimaciones de los porcentajes y el valor “gold standard” del factor *creasing* para el lote B. en todas las estimaciones se observa un sesgo positivo.

En la Tabla 11 se presentan las diferencias promedio entre las estimaciones obtenidas con cada esquema de muestreo para el defecto *creasing* y el “gold standard” correspondiente, junto con la significancia estadística de la prueba t de Student implementada para rechazar o no la hipótesis nula de diferencia de cero entre el valor estimado y el valor poblacional que se pretende estimar. Los resultados muestran que con una mayor presión de muestreo no se logra una estimación estadística cercana al valor “gold standard”. Sin embargo, las estimaciones resultaron más eficientes (poco variables de muestra a muestra) en los muestreos de menor intensidad.

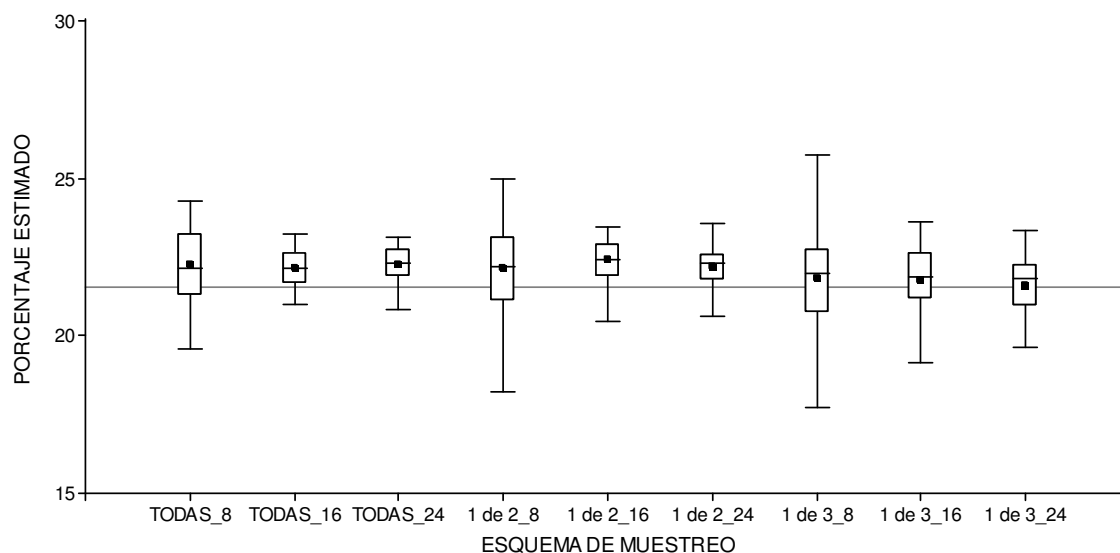


Figura 19. Porcentaje de frutas afectadas por el factor *creasing* en el lote B estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo: muestreo de todas las plantas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos.

Estos resultados estarían indicando que puede ser necesario sectorizar el análisis del factor *creasing* y hacer un muestreo por sectores. La eliminación de plantas para el análisis de menor presión de muestreo ajustó la sensibilidad de los sesgos.

Tabla 11. Diferencias promedio para el lote B del factor *creasing* obtenido con cada esquema de muestreo y el valor poblacional (sesgo). Muestreo de todas las plantas monitoreadas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente).

Esquema Muestreo	Sesgo
Todas_8 f	0,73**
Todas_16 f	0,63**
Todas_24 f	0,73**
1 de 2_8 f	0,61*
1 de 2_16 f	0,9**
1 de 2_24 f	0,69**
1 de 3_8 f	0,25
1 de 3_16 f	0,29
1 de 3_24 f	0,1

*Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,10$.

**Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,05$.

***Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,01$.

2.3. Análisis del tamaño de muestra para el factor melanosis

En la Figura 20 se presentan las estimaciones de los porcentajes y el valor “gold standard” del factor melanosis para el lote B. En las estimaciones de mayor número de plantas se observa un sesgo positivo, no se observa sesgo en una de cada 2 plantas y un sesgo negativo en los de una de cada 3 plantas.

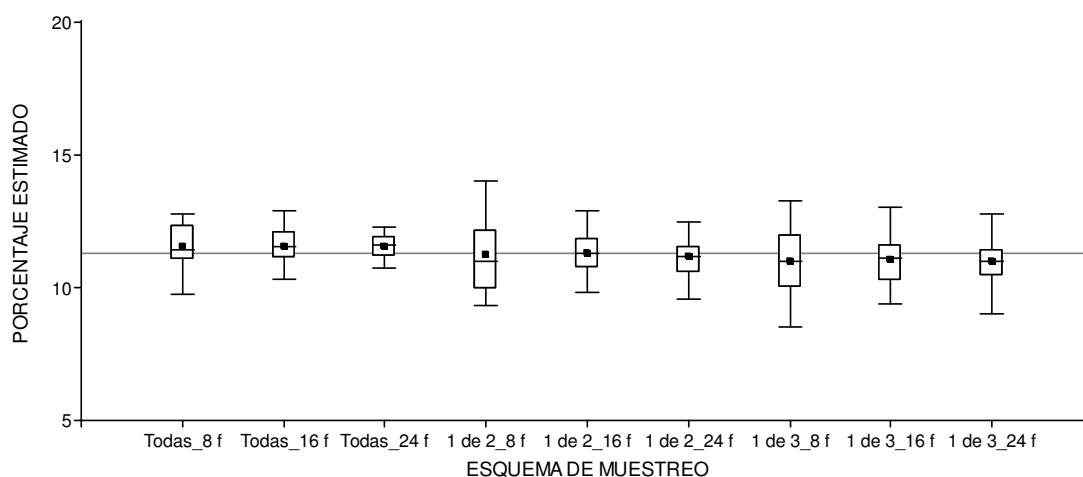


Figura 20. Porcentaje de frutas afectadas por el factor melanosis en el lote B estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo: muestreo de todas las plantas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos.

En la Tabla 12 se presentan las diferencias promedio entre las estimaciones obtenidas con cada esquema de muestreo para el defecto melanosis y el “gold standard” correspondiente, junto con la significancia estadística de la prueba t de Student implementada para rechazar o no la hipótesis nula de diferencia de cero entre el valor estimado y el valor poblacional que se pretende estimar. Los resultados muestran que con una mayor presión de muestreo no se logra una estimación estadística cercana al valor “gold standard”. Sin embargo, las estimaciones resultaron más eficientes (poco variables de muestra a muestra) en los muestreos de menor intensidad. Estos resultados estarían indicando que puede ser necesario sectorizar el análisis del factor melanosis y hacer un muestreo por sectores, al igual que lo sucedido con el análisis del factor *creasing*. La eliminación de plantas para el análisis de menor presión de muestreo en general ajustó la sensibilidad de los sesgos, excepto en el esquema de menor muestreo, de una de cada 3 plantas y 8 frutos por planta.

Tabla 12. Diferencias promedio para el lote B del factor melanosis obtenido con cada esquema de muestreo y el valor poblacional (sesgo). Muestreo de todas las plantas monitoreadas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente).

Esquema Muestreo	Sesgo
Todas_8 f	0,28***
Todas_16 f	0,29**
Todas_24 f	0,27**
1 de 2_8 f	-0,12
1 de 2_16 f	-0,01
1 de 2_24 f	-0,06
1 de 3_8 f	-0,31**
1 de 3_16 f	-0,21
1 de 3_24 f	-0,27

*Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,10$.

**Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,05$.

***Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,01$.

2.4. Análisis del tamaño de muestra del factor podrido

En la Figura 21 se presentan la estimaciones de los porcentajes y el valor “gold estándar” del factor podrido para el lote B. En todas las estimaciones se observa un sesgo positivo para todos los esquemas de muestreo.

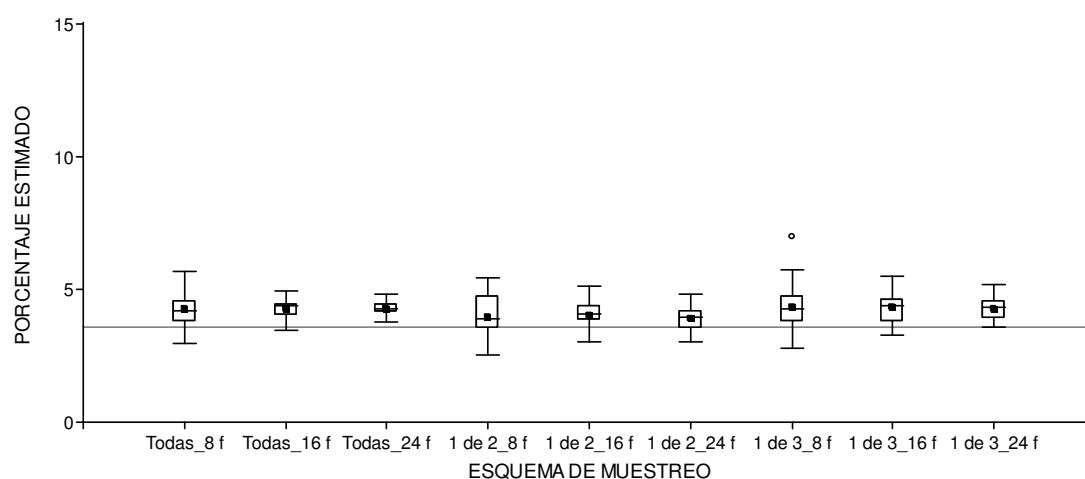


Figura 21. Porcentaje de frutas afectadas por el factor podridos en el lote B estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo: muestreo de todas las plantas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo) de frutos.

En la Tabla 13 se presentan las diferencias promedio entre las estimaciones obtenidas con cada esquema de muestreo para el defecto podrido y el “gold standard” correspondiente, junto con la significancia estadística de la prueba t de Student implementada para rechazar o no la hipótesis nula de diferencia de cero entre el valor estimado y el valor poblacional que se pretende estimar. Los resultados muestran que independientemente de la presión de muestreo no se pudo encontrar ningún esquema de los evaluados que haya sido eficiente en la estimación del podrido.

Tabla 13. Diferencias promedio para el lote B del factor podrido obtenido con cada esquema de muestreo y el valor poblacional (sesgo). Muestreo de todas las plantas monitoreadas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente) en todos los casos seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente).

Esquema Muestreo	Sesgo
Todas_8 f	0,70***
Todas_16 f	0,71***
Todas_24 f	0,68***
1 de 2_8 f	0,35***
1 de 2_16 f	0,48***
1 de 2_24 f	0,39**
1 de 3_8 f	0,72***
1 de 3_16 f	0,75***
1 de 3_24 f	0,75***

*Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,10$.

* Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,05$.

**Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,01$.

2.5. Análisis del tamaño de muestra para el factor cancrrosis

Esta enfermedad está presente en el lote B en muy baja proporción. Solamente se encontraron 20 frutos afectados por cancrrosis con el muestreo “gold standard”. Si consideramos los mismos esquemas de remuestreo utilizados para los problemas anteriormente analizados, únicamente se pudo encontrar frutos afectados en los esquemas de mayor presión de muestreo y mayor número de plantas muestreadas, 24 y 16 frutos por planta para el esquema de todas las plantas evaluadas. Con estas dos intensidades de muestreo, en los 30 remuestreos realizados se encontró al menos una fruta con

cancrosis en el lote. Al reducir más el muestreo la metodología no es aplicable, ya que no se encuentra frutos en los 30 remuestreos realizados. Se incluye el análisis del caso del esquema de todas las plantas con 8 frutos por planta, en el cual solamente se encontró al menos un fruto en 20 de los 30 remuestreos. (Figura 22).

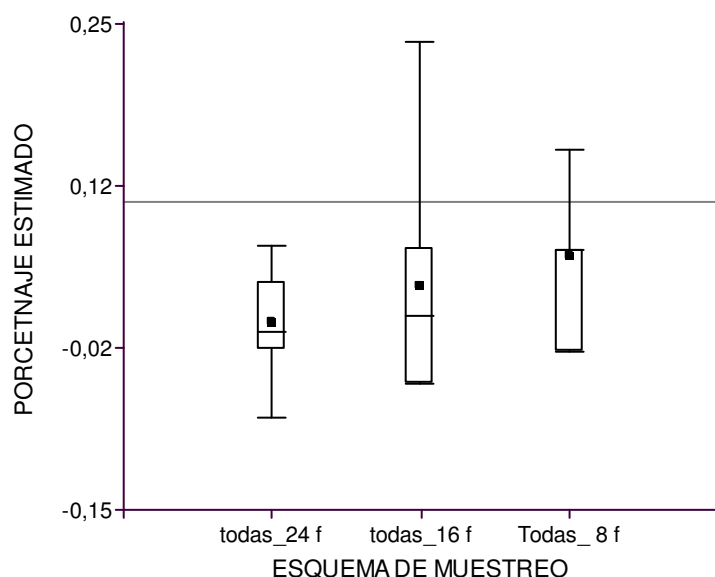


Figura 22. Porcentaje de frutas afectadas por el factor cancrrosis en el lote B, estimados a partir de diferentes esquemas de muestreo. Se considera solamente el muestreo de todas las plantas seleccionando 8, 16 y 24 frutos por planta (8 f, 16 f y 24 f, respectivamente). Se representa mediante una línea horizontal el valor “gold standard”, es decir el porcentaje considerado verdadero en el lote (universo)

Si realizamos la prueba estadística t de Student se puede observar que no hay diferencia con la hipótesis nula en los dos primeros casos de 16 y 24 frutos muestreados por planta. En el tercer caso, de 8 frutos por planta, analizando la prueba estadística, el resultado no es significativo. Los demás análisis no se realizan ya que en todos faltaron remuestreos en los que al menos se encuentre un fruto con cancrrosis.

Tabla 14. Diferencias promedio para el lote B del factor cancrrosis obtenido con cada esquema de muestreo y el valor poblacional (sesgo). Muestreo de todas las plantas monitoreadas, una de cada dos plantas y una de cada tres plantas (Todas, 1 de 2, 1 de 3, respectivamente).

Esquema	Sesgo
Todas_8 f	0.1625**
Todas_16 f	0,1370
Todas_24 f	0.1087

**Sesgo promedio estadísticamente diferente a cero para $\alpha=0,05$.

G. ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL

El criterio de Akaike (AIC) utilizado para la selección de los modelos del Lote A y B se presenta en las Tablas 15 y 16, respectivamente. En el Lote A, el modelo de correlación espacial esférico con efecto nugget presentó el mejor ajuste en todas las variables analizadas. En el Lote B, para las variables calidad exportable, *creasing* y rameado, el modelo de correlación espacial esférico con efecto *nugget* fue el de mejor ajuste, mientras que para rendimiento, el modelo seleccionado fue el exponencial. En ambos lotes y para todas las variables, los modelos de correlación espacial fueron mejores respecto al modelo de errores independientes.

La distribución de frecuencias de los residuos obtenidos a partir de los modelos seleccionados en el Lote A y B, se presentan en las Figuras 22 y 23, respectivamente. En general todas las variables presentaron una distribución aproximadamente normal. En particular, la variable *creasing* en el Lote A, presentó una leve asimetría derecha que no presentaría mayores inconvenientes para el análisis geoestadístico posterior.

Tabla 15. Criterio de Información de Akaike (AIC) para la selección de modelos en el Lote A. Se subraya el modelo seleccionado.

Variable	Modelos				
	Exponencial	Esférico	Exponencial + Nugget	Esférico + Nugget	Errores Independientes
Rendimiento	1992	2038	1984	<u>1983</u>	1991
Exportable	1203	1215	1186	<u>1185</u>	1249
Creasing	958	967	956	<u>955</u>	999
Rameado	851	860	838	<u>836</u>	867

Tabla 16. Criterio de Información de Akaike (AIC) para la selección de modelos en el Lote B. Se subraya el modelo seleccionado.

Variable	Modelos				
	Exponencial	Esférico	Exponencial + Nugget	Esférico + Nugget	Errores Independientes
Rendimiento	<u>2098</u>	2101	2099	2100	2100
Exportable	1093	1107	1088	<u>1087</u>	1120
Creasing	1113	1132	1090	<u>1089</u>	1168
Rameado	806	816	793	<u>792</u>	847

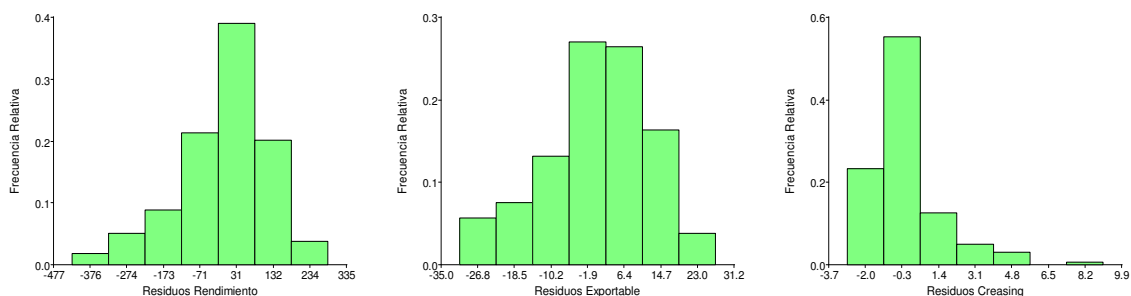


Figura 22. Distribución de frecuencias de los residuos obtenidos de los modelos ajustados para las variables rendimiento, calidad exportable y *creasing*. Lote A.

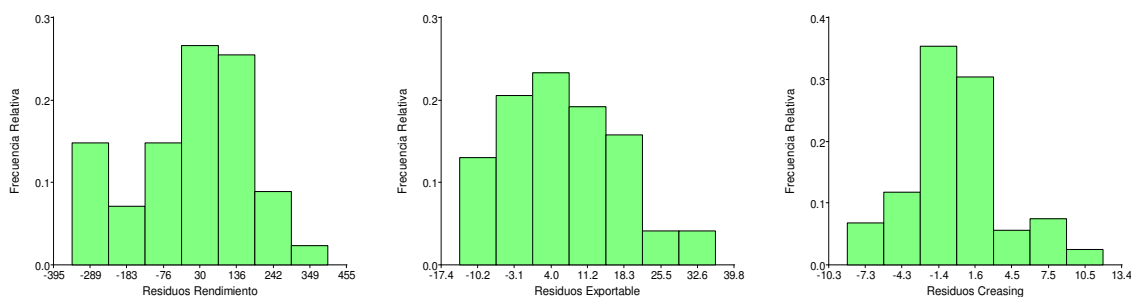


Figura 23. Distribución de frecuencias los residuos obtenidos de los modelos ajustados para las variables rendimiento, calidad exportable y *creasing*. Lote B.

En las Figuras 24, 25, 26 y 27 se presentan los mapas de variabilidad espacial de los porcentajes de calidad exportable de frutos, rendimiento, *creasing*, y rameado, para los lotes A y B.

En el análisis de la variabilidad espacial de la calidad exportable se observa que ambos lotes difieren ampliamente en la calidad. En el lote A la calidad exportable es mayor al 45% en todo el lote, alcanzando valores de más del 70% en el sector Oeste, mientras que en lote B el porcentaje máximo es 35%. Los porcentajes de calidad exportable más bajos para el lote A son 40% en el sector este y para el lote B 15%, en el sector Sur.

Con respecto al rendimiento de las plantas en el lote A se observa un rendimiento más uniforme, mayor a un promedio de 400 frutos por planta en todo el lote y hasta 800 frutos en su sector central. En el lote B, se observa alta variabilidad en el rendimiento, que se distribuye en forma de “parches” por todo el lote con un mínimo de 0 frutos hasta plantas con 800 frutos.

Para el factor *creasing* las áreas afectadas en el lote A son de menor superficie, difusas y se localizan en el sector Este del lote, con un máximo de 15% de frutos afectados. En el lote B el máximo porcentaje promedio de frutos afectados por árbol es 40% y se localiza en el sector Sur.

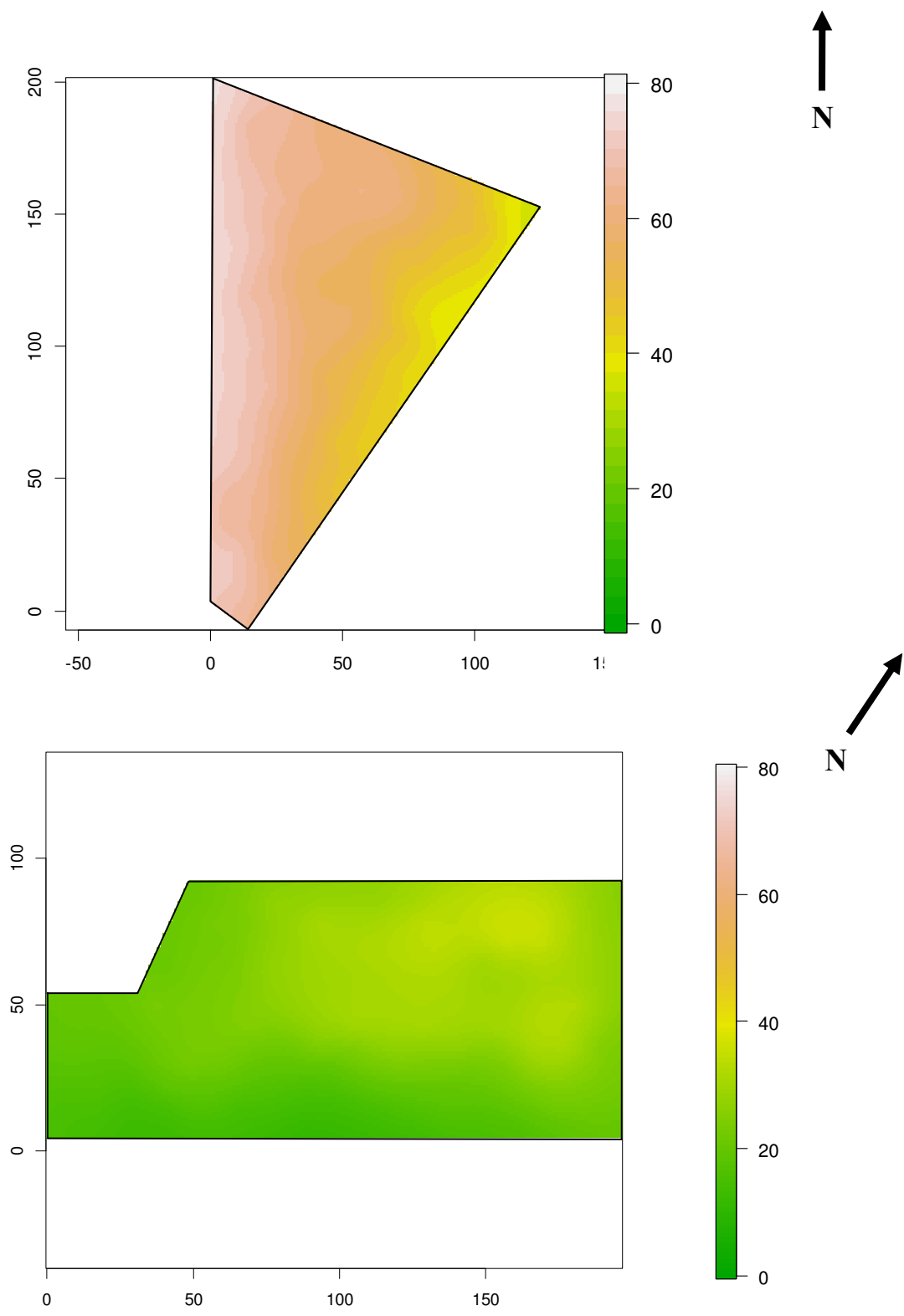


Figura 24. Mapa de variabilidad espacial del porcentaje de frutos calidad exportable en el lote A (arriba) y B (abajo)

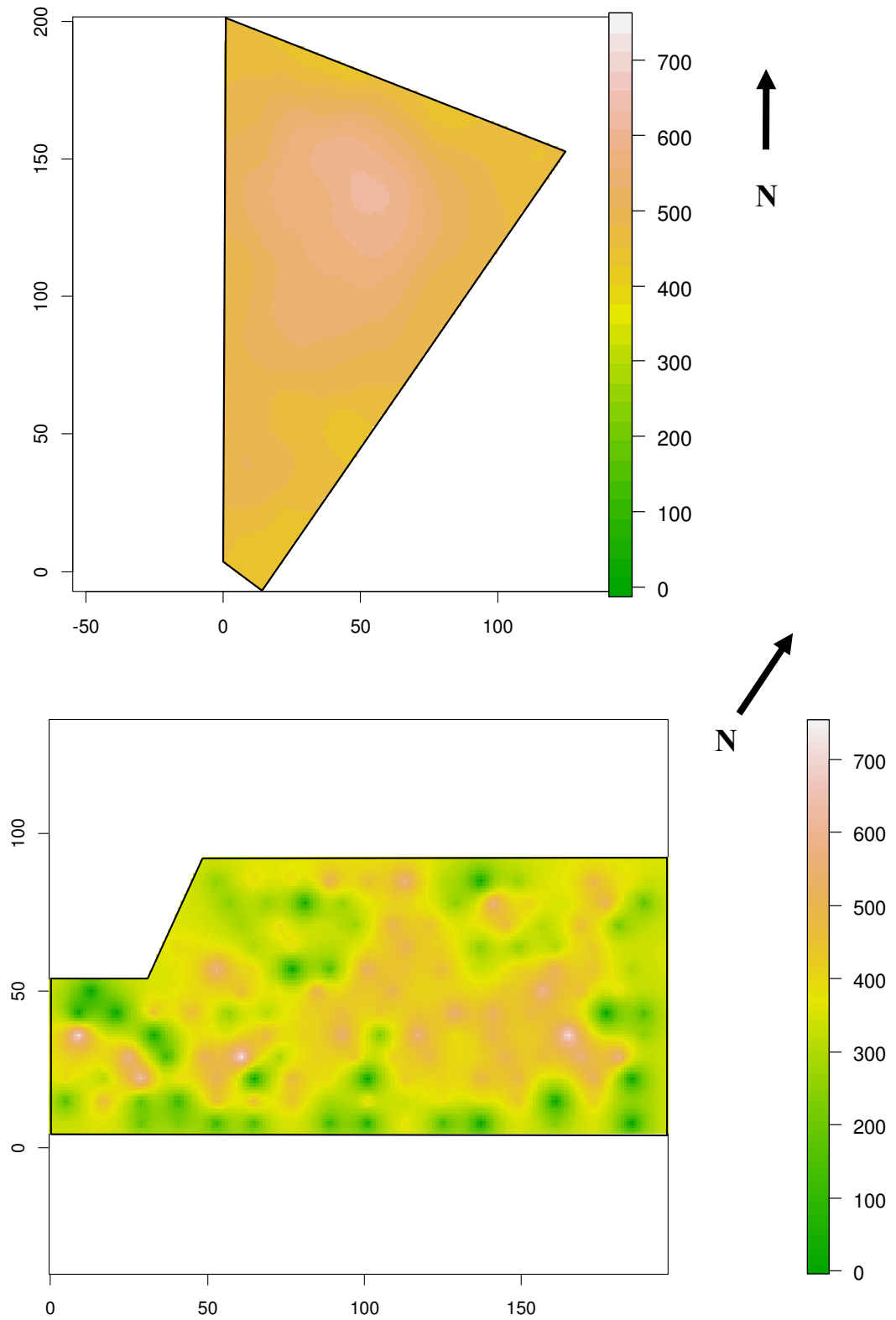


Figura 25. Mapa de variabilidad espacial del rendimiento en número de frutos por árbol del lote A (arriba) y B (abajo).

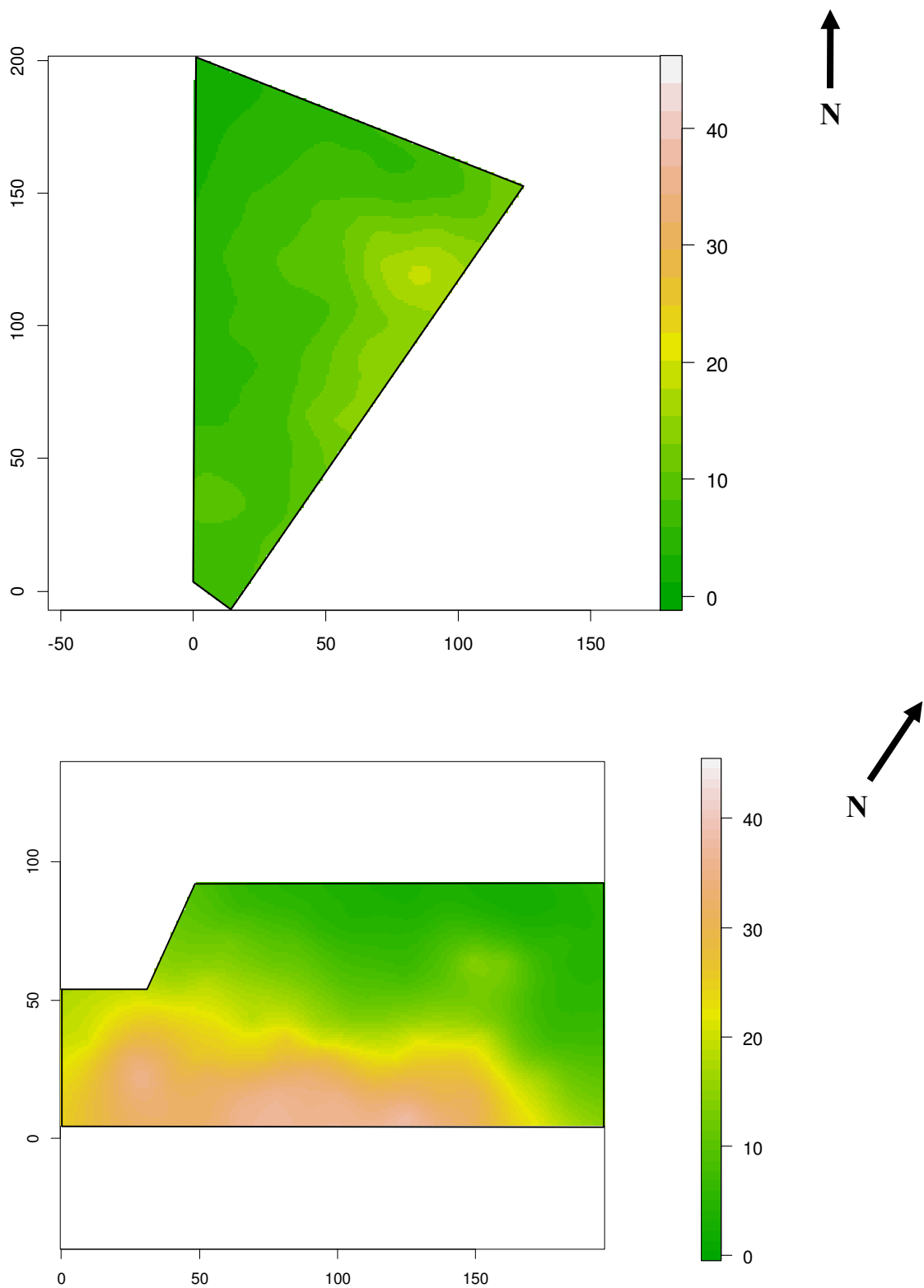


Figura 26: Mapa de variabilidad espacial del porcentaje de frutos afectados por el factor *creasing* en el lote A (arriba) y B (abajo).

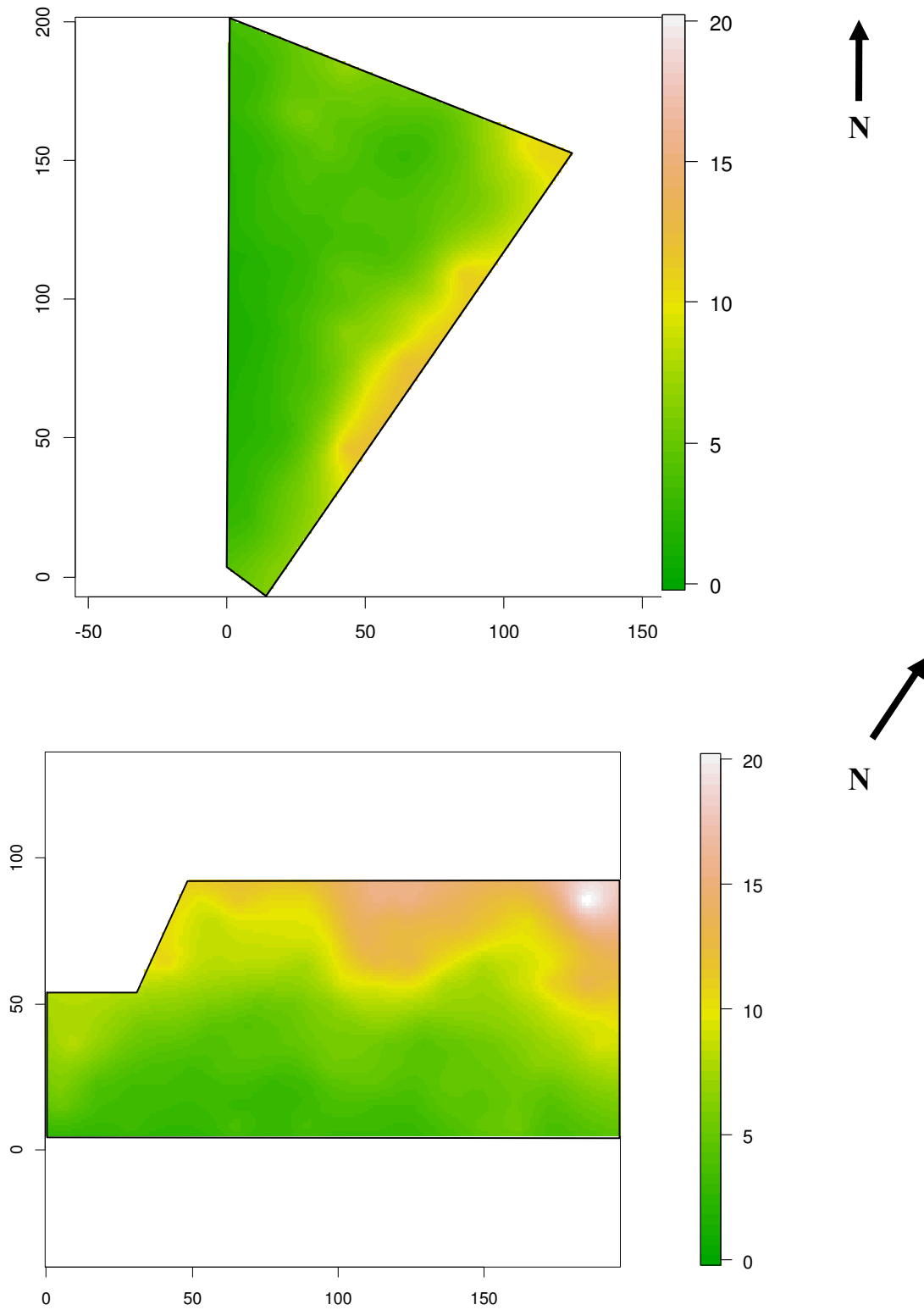


Figura 27. Mapa de variabilidad espacial del porcentaje de frutos afectados por el factor rameado en el lote A (arriba) y B (abajo).

En cuanto al rameado el sector sureste presenta más rameado en el lote A con un promedio de 15% de frutos con rameado, en cambio en el lote B, el sector más afectado es el noroeste con un promedio de 20% de frutos con rameado como principal factor.

CAPITULO 4

DISCUSIÓN

El rendimiento y la calidad en la producción de naranjas es la resultante de la interacción de múltiples factores. Son escasas las referencias bibliográficas específicas de trabajos de evaluaciones de lotes comerciales que brinden un panorama completo de los factores que afectan tanto al rendimiento como a la calidad de su producción (Garrán, 2008). En los resúmenes del simposio organizado por la Sociedad Internacional de Horticultura sobre aplicaciones de la agricultura de precisión para frutas y hortalizas realizado en Florida (EUA), figuran varios trabajos donde se utilizan las nuevas tecnologías de sensores aplicadas a la fruticultura (Stuckens, *et al.* 2008; Molin, *et al.* 2008; Schepers *et al.*, 2008) pero la vinculación de estos con la verdad del campo en relación a los factores que afectan un lote es también escasa.

Existe un consenso generalizado en la afirmación de que la implementación de metodologías de evaluación fitosanitaria, como la MEF, que abarquen la mayor cantidad de factores que afectan a un lote, permita comprender y consecuentemente manejar mejor los lotes cítricos. Estas metodologías podrían demandar la creación de un servicio multidisciplinario para la correcta atención de las demandas del sector y la relación costo/beneficio estará siendo impactada por los esquemas de monitoreo, incluyendo el rendimiento de los lotes y la calidad de los frutos a evaluar. En esta tesis se persiguió el objetivo de mejorar la metodología MEF, proponiendo una estimación por muestreo de la calidad de los frutos. Con el uso de la muestra seleccionada se obtiene información de los principales factores que actúan sobre la calidad de la producción en el lote evaluado. Conociendo la distribución de los factores que afectan a la calidad de los frutos, se puede favorecer al productor o asesor en la toma de decisiones de manejo.

Con esta finalidad se realiza un análisis de los principales factores encontrados en dos lotes de naranja Valencia late, y la estimación de las frecuencias asociadas a la calidad de la producción. Se concluye que la mayoría de las variables indicadoras de calidad pueden ser estimadas con bajo error de muestreo. Sin embargo, existen algunos factores, que por su escasa presencia, podrían no ser detectados por la MEF con los menores niveles de presión de muestreo. Tal fue el caso de la presencia de cancrrosis en frutos en uno de los lotes evaluados en esta tesis.

Siendo el primer objetivo específico de esta tesis la caracterización del rendimiento y la calidad de lotes cítricos, se realiza una breve discusión de los principales factores encontrados en dos lotes comerciales de naranja Valencia late (lote A y lote B), que ejercen su influencia sobre el rendimiento y la calidad de los frutos, realizando un contraste entre ambos lotes.

. En el lote A, aparte de que su estado general es muy bueno, se considera que la presencia de riego localizado por goteo es uno de los factores determinantes para que el efecto de las cortinas no se vea reflejado. En cambio en el lote B se observa una disminución del rendimiento hacia las cortinas, posiblemente atribuido a la competencia de los árboles forestales, especialmente con los que se encuentran hacia el noreste y sureste del lote. Disponiendo de una visión amplia de este factor se podría tomar decisiones con respecto al manejo de las cortinas.

El CVC, o clorosis variegada de los cítricos, afecta las plantas del lote B, pero a su vez influye sobre el calibre de los frutos, determinando que muchos no alcancen a desarrollar un calibre mínimo. Esto no permite que sean utilizados, inclusive en la industria. Con la información obtenida del lote B se podría definir los sectores mas afectados y tomar decisiones al respecto, como erradicar las plantas afectadas o decidir, haciendo un balance, los costos y beneficios de erradicar la totalidad del lote.

En cuanto a la edad, la mayoría de las plantas del lote A son adultas, en cambio en el lote B, si bien se observan algunos replantes con poca producción aun, existen muchos sectores con fallas y plantas adultas en estado terminal. Esta característica del lote B impacta directamente en su producción y en su eficiencia, ya que los mismos tratamientos que reciben las plantas sanas, tanto de fertilizaciones como de controles fitosanitarios, son aplicados en las

enfermas. Un mapa de distribución de los problemas de las plantas podría también ayudar al productor o a su asesor técnico, en la toma de decisiones importantes sobre el lote.

Con respecto a la poda, en el caso del lote A se considera que la poda fue el principal factor que afectó el rendimiento de las plantas, al haberse realizado una poda fuerte al final de la temporada de verano (marzo). Al ser podadas fuera del momento óptimo de realizar esta práctica (invierno), las plantas ya no pudieron compensar su rendimiento ni con nuevos frutos, ni con calibres mayores, inclusive teniendo en cuenta que la floración y cuaje de esa temporada fue muy abundante, según información del técnico asesor. Es frecuente observar en los establecimientos que estas actividades que demandan mucho trabajo de tipo artesanal, se realicen fuera de época, en función de la disponibilidad de mano de obra capacitada. Es destacable que un factor de origen antrópico como el manejo de la poda, se constituya en el principal factor que afectó tanto al rendimiento como a la calidad de la producción del lote A. En cambio el lote B no fue podado en la última temporada. Contando con la información de la producción del lote, los calibres obtenidos y el rendimiento económico total, sería posible determinar el costo de oportunidad de realización de la poda, lo que podría incentivar al productor a esforzarse para encontrar el personal idóneo para realizar la poda en su momento oportuno.

En el lote A se detectó psorosis en algunas plantas, pero al ser pocas y no estar en las etapas terminales de la enfermedad, no afectaron ni al rendimiento ni a la calidad de la producción del lote. En cambio el lote B presentó psorosis como un factor que influyó sobre su rendimiento, con plantas muy afectadas en la calidad de sus frutos. La importante presencia de melanosis en el lote B, enfermedad generalmente asociada al contenido de ramas secas, es en parte, provocada por la psorosis.

Con respecto al taladro, coleóptero que abunda en el lote B, se pudo observar mayor presencia hacia el sector sur, vecino al lote forestal. Esto podría indicar una distribución espacial diferente de los taladros en el lote por efecto de la cercanía de una forestación, lo que ameritaría la posibilidad de realizar por personal idóneo estudios biológicos del comportamiento de este insecto que afecta al rendimiento del lote. Es importante destacar que mediante

la aplicación de la MEF también se podrían encontrar patrones de comportamiento de plagas que favorecerían su investigación aplicada.

Ambos lotes presentan una calidad de fruta diferente, siendo el porcentaje de la categoría exportable mayor en el lote A que en el lote B. Si bien es cierto que tiene un porcentaje considerable de frutos exportables el lote B, los altos porcentajes de frutos de calidad deficiente impiden que los de calidad sean aprovechados. Esta característica implica que este lote no puede ser admitido bajo ninguna circunstancia como lote para exportar. En cambio el lote A posee un alto porcentaje de frutos en las categorías superior y elegido, por lo tanto es factible de exportar su producción. Esta característica de bajos porcentajes de frutos de regular o mala calidad, facilita el manejo de la fruta en la cosecha y empaque y es fundamental a la hora de negociar la producción.

Con respecto al calibre, altos porcentajes de calibres normales definen en gran medida el valor comercial de una producción. Si un porcentaje elevado de frutos no cumple con los rangos establecidos por los compradores, el lote se descarta para exportación, a pesar de que la calidad externa de su fruta sea excelente. Ambos lotes presentan un porcentaje de frutos de bajo calibre, pero el factor que influyó en cada uno de los lotes sobre el calibre es diferente. En el caso del lote A los calibres chicos se pueden atribuir, en parte, a la poda tardía realizada que no permitió a las plantas compensar con mayor calibre la disminución de la carga producida por el efecto de la poda. En cambio en el lote B, una proporción de frutos extremadamente chicos es atribuible al efecto de la presencia de varias enfermedades que influyen negativamente sobre el diámetro de los frutos.

Con respecto a la cancrisis, en el lote A no se encontró. En el lote B, aunque es muy escasa su presencia en frutos, es necesario tenerla en cuenta, dado que condiciones climáticas favorables, un manejo cultural erróneo, o una combinación de estos factores, puede favorecer una rápida difusión de la misma. Es importante destacar que la metodología no ofrece la sensibilidad suficiente para detectar la presencia de cancrisis en fruto con niveles tan bajos de incidencia de la enfermedad, ya que con los esquemas de muestreo realizados, solamente se tiene la seguridad de la detección con los esquemas de mayor presión de muestreo implementados en este estudio, los cuales no son factibles de aplicar en la práctica.

El *creasing* es un factor que produjo una disminución en el rendimiento, especialmente en el lote B. Disponer de una distribución de la enfermedad en el lote puede favorecer una cosecha selectiva, permitiendo que la fruta que sale del lote tenga una mejor calidad promedio, facilitando su manejo en poscosecha.

En cuanto a la mancha negra, si bien el lote A tiene un muy bajo porcentaje, la detección de su sola presencia puede causar problemas de comercialización importantes en el mercado externo por ser cuarentenaria. Por ello conviene tenerla en cuenta, ya que año a año puede ir incrementando su presencia.

Con respecto al rameado, casi todas las frutas presentan algo de rameado, pero al ser una característica que se oculta con la presencia de otros factores más importantes, tal como lo sugiere el Análisis de Componentes principales del lote B, se considera difícil elaborar un análisis particularizado de este defecto. Este problema se demuestra también con el análisis de los mapas del rameado provistos por este trabajo. Estos mapas presentan características de tipo composicional cuando el lote está muy afectado por la acumulación de otros factores, como es el caso del lote B.

El segundo objetivo específico planteado en este trabajo es aportar a la metodología MEF una fundamentación estadística para ajustar los muestreos a niveles factibles de llevar a la práctica, especialmente en los costos de mano de obra que demanda. Se considera que reduciendo sensiblemente sus tiempos operativos, su implementación como herramienta frecuente en los establecimientos de la zona sería más factible. En base a la información obtenida de productores y compradores de frutas para exportación de la zona, se puede ver que aún cometiendo errores de más del 10%, estas estimaciones pueden ser de alto valor para las empresas citrícolas, tanto las vendedoras como las compradoras. Sin el uso de una metodología sistemática de muestreo, es común observar errores superiores al 50%. Esta afirmación se corresponde tanto por los errores de manejo cometidos en los lotes por parte de los productores, como por los errores de las empresas que compran y procesan la fruta. Las empresas compradoras basan su estimación de rendimiento y calidad en recorridos rápidos, muy limitados al criterio de sus operarios, que están fuertemente presionados por los tiempos. Frecuentemente

se autorizan negociaciones basadas únicamente en los antecedentes de temporadas anteriores. Estos criterios de selección no alcanzan, provocando a las empresas pérdidas importantes en la logística de cosecha y poscosecha. Una vez transportada la fruta a la planta de empaque, trae complicaciones no poder procesarla, o en su defecto, tener que procesarla redirigiéndola a otro mercado. Estas situaciones conllevan a un sinnúmero de gastos extra, los cuales se estima que superarían las demandas económicas que se tendría que asumir al aplicar una MEF en un lote. A pesar de estas razones, lograr que se difunda la implementación de la MEF entre los productores y/o empacadores de cítricos de la zona ha resultado hasta ahora difícil por sus costos de implementación. La razón principal de esta dificultad radicaría en los costos de implementación. Mediante este trabajo se podría reducir los costos de implementación de la metodología MEF a valores más accesibles. Se pretende generar conocimientos sobre planes de muestreo que permitan reducir los tiempos operativos conservando márgenes de error aceptables y así bajar el principal componente del costo, la mano de obra.

Los resultados sugieren que, al menos en lotes sin marcadas sectorizaciones de factores que afecten la calidad, muestreos aleatorios con pocas frutas (una de cada 6 plantas con 8 frutos por planta) podrían ser usados sin perder eficiencia ni confiabilidad en las estimaciones. En el caso de que la variabilidad espacial de la calidad se encuentre estructurada por sectores, será necesario reorientar los muestreos a sectores específicos del lote, para evitar sesgos en las estimaciones de los promedios de fruta en las distintas categorías, aun si se desea trabajar con similar esquema de muestreo. La solución planteada sería sectorizar, con una recorrida previa basada en la experiencia de los propietarios o encargados de los lotes, y luego planificar un muestreo diferenciado en función de las características encontradas. Esto inevitablemente demandaría un aumento de la presión de muestreo y por lo tanto más tiempo operativo y más mano de obra. Además complicaría el análisis de los datos obtenidos.

El tercer objetivo específico planteado es realizar un análisis de la variabilidad espacial de la calidad de fruta de un lote cítrico. Estudiando la estadística espacial Moral García, 2004 menciona que es una herramienta imprescindible cuando se desea analizar los patrones de distribución espacial

de las variables ecológicas y medioambientales a partir de muestreos realizados en el área de interés. Brinda un ejemplo de estudio de distribución de una plaga en plantaciones de tomates. Toma los datos a través de gráficos exploratorios a partir de funciones de variabilidad espacial y realiza la identificación de zonas que demandan estimaciones específicas de los parámetros establecidos. Pérez-Cutillas *et al.*, 2014 obtuvieron mapas de evaluación del estado hídrico de plantaciones de durazneros con fotografías aéreas de muy alta resolución, sectorizando claramente las parcelas en función de su provisión de riego. Martínez-Casasnovas *et al.*, 2012, han desarrollado en España importantes avances en análisis del rendimiento y la calidad de producción en viñedos. Incorporaron la robótica y tecnologías de análisis multiespectrales con sensores remotos y con la utilización de drones, pequeños vehículos no tripulados que sobrevuelan los lotes obteniendo una información detallada con fotografías multiespectrales. También en la Universidad de Florida, en U.S.A. Schumann *et al.*, 2005 y posteriormente, Eshani y Li, 2014 y Sankaran, 2013, trabajan con prototipos experimentales de evaluación de rendimiento en lotes cítricos y detección remota de enfermedades como HLB y cancrrosis en las hojas de los cítricos mediante análisis espectroscópico de la coloración del follaje (Li *et al.*, 2014). También trabajan en la elaboración de mapas de rendimiento mediante fotografías digitales abriendo un panorama muy amplio de opciones de análisis. A medida que vayan siendo más accesibles en su uso, las nuevas tecnologías favorecerán aun más la disminución de los tiempos operativos requeridos para aplicar la MEF. Con la obtención en esta tesis de mapas de variabilidad espacial de los factores principales encontrados, se pudieron localizar los sectores que más influyeron sobre la calidad de los frutos. Con los mapas de variabilidad espacial del *creasing* se localizaron los sectores factibles de ser cosechados en forma diferencial. Con los mapas de rendimiento se localizaron áreas de mejor rinde que puede ayudar a organizarse mejor con la logística de cosecha. Conociendo los diferentes sectores de calidad y rendimiento que presenta un lote, se puede facilitar la toma de decisiones para manejarlo con eficiencia, o decidir su erradicación, total o parcial por sectores, en caso de tener factores que lo afecten de manera irreversible.

Debido a que la calidad se estima en porcentajes de frutos en categorías mutuamente excluyentes, la variable de frutos en cada categoría posee datos composicionales (Aitchison, 1986. López-López, 2013). Consecuentemente una mala estimación de una categoría lleva a la mala estimación de otra categoría complementaria. Este comportamiento se observó para las categorías de mayor variabilidad entre árboles. Este es el caso del rameado en el lote B, donde cabe la realización de un análisis aparte de la comparación de los mapas resultantes. En el lote A la mayor presencia del rameado se corresponde con los sectores de menor calidad exportable. Inversamente, en el lote B, los mapas indican que la presencia del rameado es mayor en los sectores de mayor calidad. Al ser un factor de características de tipo composicional, en el lote B no se vio reflejada la realidad del rameado, pues su distribución quedó oculta por la presencia de otros factores, considerados más importantes por los monitores. Para poder hacer un estudio del rameado y su distribución en el lote B, sería necesario un nuevo análisis dirigido específicamente hacia ese factor. En consecuencia, el uso de los mapas de variabilidad espacial es una herramienta excelente para ser utilizada dentro de la MEF, pero con la condición de que se analicen con claridad los resultados de cada factor, con el fin de evitar errores de interpretación que puedan darse por la composicionalidad de los datos obtenidos.

Como cuarto objetivo específico se propuso identificar las relaciones existentes entre variabilidad de la calidad intralote y los principales factores que la afectan. En cuanto al factor *creasing* se observa una fuerte correlación entre los patrones de variabilidad espacial del *creasing* respecto al de calidad exportable, .i.e. sectores con mayor calidad exportable se corresponden con los sitios de menor presencia de *creasing*. Esta correlación negativa muestra que existe una participación importante del *creasing* como factor que afecta la calidad en ambos lotes, tal como se observa también en la interpretación de los gráficos biplot de los análisis de componentes. En el lote B esta cualidad es además compartida con los factores melanosis y podrido, en cambio en el gráfico biplot del lote A, el *creasing* es el único factor principal que se correlaciona en forma negativa con la calidad exportable.

Es importante aclarar que el programa informático aplica una completa aleatorización al hacer el remuestreo de los frutos en la base de datos,

situación que en la realidad no se puede aplicar por las razones prácticas siguientes: a) la accesibilidad a los frutos del árbol por parte de los monitores no es la misma. b) la cantidad de frutos de una planta no son proporcionales ni están distribuidos uniformemente en todo el árbol y c) algunos de los problemas de calidad de fruto son más llamativos, condicionando la búsqueda aleatoria de los mismos al criterio del monitor. Estos factores son contrarrestados a medida que los monitores van adquiriendo experiencia, pero es imposible evitar un sesgo importante en el muestreo.

Si consideramos el valor más aproximado a la estimación utilizada en otros lotes con la MEF, la opción de muestreo más similar probada en esta tesis sería la selección de uno de cada 9 árboles y 24 frutos por planta, que en el análisis estadístico presenta desvíos del valor "gold standard" bajos en el lote A. La metodología MEF actualmente utiliza 36 frutos por árbol de uno de cada 10 árboles. Conforme a los estudios de rendimiento en cítricos de Beribe *et al.*, 2009, la cantidad de plantas a muestrear no debería disminuir de una de cada 5 plantas para obtener una estimación correcta del rendimiento de un lote. según se ha demostrado con los resultados de esta tesis, es posible disminuir sensiblemente la cantidad de frutos a muestrear por calidad en cada árbol seleccionado. Para la evaluación de la calidad de los frutos, en lotes de manejo y estado fitosanitario bueno, siempre que se respete un muestreo aleatorio dentro de la copa del árbol, se podría considerar 8 frutos por árbol de uno de cada 6 árboles sin tener problemas con desvíos elevados en los resultados. La experiencia demuestra que no es posible hacer una selección completamente aleatoria de los frutos para evaluar calidad, como la realizada por el programa estadístico. Con un aumento de la cantidad de frutos evaluados a 16, se intenta cubrir ese riesgo de déficit de calidad de muestreo, pero disponiendo aun del beneficio de reducir sensiblemente los tiempos operativos por planta necesarios para el muestreo.

Con respecto a los factores que afectan la calidad, la mayoría pueden ser detectados en el esquema de muestreo propuesto, aunque con el estudio de sus desvíos promedio, en algunos no se pueda probar estadísticamente que los mismos sean iguales a cero. En posteriores estudios se podrá analizar la posibilidad de brindar diferentes opciones de monitoreo en función del interés

del usuario, de los recursos disponibles y de la precisión demandada. Con estas cantidades de plantas y frutos muestreados es posible disminuir el muestreo de frutos por planta aplicado en la MEF, reducir sus tiempos operativos y obtener un ahorro importante de recursos para facilitar la implementación de la MEF en los establecimientos citrícolas.

CONCLUSIONES

Se ha revisado la MEF para optimizar las muestras por calidad y los resultados de la evaluación de estrategias de muestreo sugieren que:

En lotes de buen estado fitosanitario y de distribución de calidad uniforme, un muestreo sistemático de una de cada 6 plantas y 8 frutos seleccionados al azar por planta produce una estimación insesgada y eficiente de los porcentajes de frutos en cuanto a su calidad y los factores que los afectan.

Los mapas de distribución espacial son herramientas excelentes para ser utilizados en la localización de focos de factores que afecten al lote y aplicar medidas correctivas específicas.

BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G. 2001. The Doctor of Plant Medicine Program at the University of Florida: Growers, agricultural agencies, and industries need plant doctors. Online. Plant Health Progress : 10.1094/PHP-2001-0724-01-PS.

Aitchison, J. 1986. The Statistical Analysis of Compositional Data. Monographs on Statistics and Applied Probability. Chapman & Hall Ltd., London (UK). (Reprinted in 2003 with additional material by The Blackburn Press). 416 p.

Avanza, M., Giménez, L.; Mazza, S.; Bóbeda, G.; Gaiad, J. 2007. Comparación de métodos de estimación de carga de frutos de naranjo 'Valencia late'. XII Reunión Científica del GAB y I Encuentro Argentino- Chileno de Biometría. San Martín de los Andes, Argentina.

Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., Robledo, C. 2008. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

Beribe M., Garrán S., Mika R., Marí, G., 2009. Método de Evaluación Fitosanitaria en Lotes Cítricos: Una Propuesta metodológica. En: XIV Reunión Científica del Grupo Argentino de Biometría. Trelew, Argentina.

Beribe M., Garrán S., Mika R., Martínez, M., Rodríguez, G. y Boca, T. 2010. Determinación empírica del tamaño de muestra óptimo para la estimación de la producción de cítricos mediante un muestreo aleatorio sistemático. XII Congreso de la Sociedad Uruguaya de Hortifruticultura (SUHF). Octubre 2010.

Cargnello, G., Spera, G., Persuric, G. y Simonetta, M. Model for total evaluation of a phytosanitary intervention in the context of new methodology of "Great Chain". Montevideo Uruguay, 2003. Communications in agricultural and applied biological sciences. 2004;69(4):565-8

Cochran, W., 1985. Muestreo Sistemático. En: Técnicas de muestreo. Ed. Compañía Editorial Continental. S.A., México. pp. 257-278.

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C., InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Efron, B. 1979 , «Bootstrap methods: another look at the jackknife», in The Annals of Statistics, 7. 1979, pp. 1-26.

Efron, B. 1982. The Jackknife, the bootstrap and other resampling plans. Society for industrial and applied mathematics. Philadelphia, U.S.A.

Garrán, S., Vera, L., Beribe, M., Tito, M., Faure, O., Massueli, S., Mika, R., 2008. A Phytosanitary Evaluation Method (MEF) For Commercial Citrus Groves. In: International Symposium on Application of Precision Agriculture for Fruits and Vegetables. Orlando, Florida USA. 2008.

- Garrán, S., Ragone, M. L. y Vázquez, D. 1995. Evaluación de daños fitosanitarios según el criterio fijado por normas de calidad. Abs. P 171 .resúmenes XVIII Congreso de la sociedad Argentina de Horticultura. p. 251.
- Garrán, S., Mika, R., Faure, O., Tito, M., y Vera, L. 2005. Desarrollo de una metodología para la evaluación fitosanitaria de lotes cítricos comerciales. P. 67. Resúmenes V Congreso Argentino de Citricultura. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- Jiménez Díaz, R. 2010. "Sanidad (medicina) Vegetal en España: una necesidad urgente de formación universitaria especializada". PHYTOMA España • N° 218, abril 2010.
- Jiménez Díaz, R. 2012. Retos y perspectivas de la sanidad vegetal en el siglo XXI: el punto de vista de un fitopatólogo. Phytoma, España, N° 237, marzo 2012.
- Henao, R. "Introducción a la geoestadística. Teoría y aplicación". En: Colombia. 2002. Evento: Simposio Nacional de Estadística. Memorias del Simposio.
- Hughes, G. 1999. Sampling for decisions making in crops lost assesstment and pest management: Introduction. Phytopathology 89: 1080-1083.
- Informe Citrícola 2014, FEDERCITRUS, EEA INTA Concordia, Entre Ríos. www.fecier.org.ar/descarga.php?id=InformeCitricola-EntreRios2014.pdf
- INTA 2001. Protocolo. Producción Integrada de Cítricos. Región del Río Uruguay. 34 pp., Centro Regional Entre Ríos, EEA Concordia. Junio 2001.
- Johnson, K., Sankaran, S., Ehsani, R. 2013. Identification of water stress in citrus leaves using sensing technologies. Agronomy 3: 747-756. <http://www.mdpi.com/2073-4395/3/4/747>
- Li, H, Lee, W., Wang, K., Ehsani, R. and Yang C. 2014. Extended spectral angle mapping (ESAM) for citrus greening disease detection using airborne hyperspectral imaging. Precision Agriculture 15:162-183.
- López-lópez, A., Cortés-Delgado, A. and Garrido-Fernández, A. Effect of processing on the Manzanilla and Hojiblanca green Spanish-style table olive fat as assessed by compositional data análisis. Proceedings of the 5th International Workshop on Compositional Data Analysis (2013) CoDaWork, Vorau, Austria.
- Manual para productores de naranjas y mandarinas de la región citrícola del Río Uruguay. 1995. INTA EEA Concordia.
- Marcó, G. 2001 "Cítricos argentinos con calidad asegurada". Revista IDIA XXI INTA Especial fruticultura p. 15-18.
- Martínez-Casasnovas, J. , Agelet-Fernández J., Arnó J., Ramos M. 2012. Analysis of vineyard differential management zones and relation to vine development, grape maturity and quality. Spanish Journal of Agricultural Research 2012; 10 (2): 326-37.
- Matheron, G. 1963. *Traité de Géostatistique Appliquée*, Tome II. Le Krigéage, Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, No. 14. Editions Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Paris.

Molin J., Faulin G. and Stanislavski W.. "Yield mapping and variable rate of fertilizers for coffee in Brazil", 2008. Proceedings of the international Symposium on application of Precision Agriculture for fruits and Vegetables. January 2008.

Moral García, F. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. 2004. Ecosistemas 13 (/1) 78-86 <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp.Id=167>

Norton, G. 1982. Crop Protection Decision Making. An Overview p. 1-3 In: R. B. Austin (ed.) Proc. British Crop protection Symposium: Decision Making in the practice of Crop protection. British Crop protection council, Croydon, England.

Oerke, E., Dehne, H., Schonbeck, F., y Weber, A. 1994. Crop Production and Crop Protection. Estimates losses in major food and cash crops. Elsevier science, B. V. 808 p.

Oerke, E. Crop losses to pests 2006. Journal of Agriculture Science. 144, 321-43 Cambridge University press.

Oliver, M., Webster, R. 2014. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. Catena 113, 56-69.

Palacios, J., 2005. Citricultura. Tucumán, Argentina. Editorial Alfa Beta S. A.

Pedigo, L., and Higley I. 1992. A new perspective of the economic injury level concept and environmental quality. American Entomologist, 38:1221.

Pérez-Cutillas P. y Alarcón Cabañero J. Empleo de técnicas de teledetección de muy alta resolución espacial para el análisis del comportamiento de las variables fenológicas en cultivos (*Prunus pérsica*) con riego deficitario controlado. 2014 <http://revistas.um.es/geografia/article/download/218191/171431>

Programming Environment for Data Analysis and Graphics.V.2.12.0. (15/10/2010). R Development Core Team.

Proceedings of the international Symposium on application of Precision Agriculture for fruits and Vegetables. Florida USA, 2008

R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Ribeiro Junior, P., and Diggle, P. 2001. GeoR: a package from geostatistical analysis. RNEWS 1(2):15-18.

Sankaran, S., Maja, J., Buchanon, S., Ehsani, R. 2013. Huanglongbing (citrus greening) detection using visible-near infrared and thermal imaging techniques. Sensors, 13: 2117-2130; DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/s130202117>.

Sankaran, S. and Ehsani, R. 2013. Comparison of visible-near infrared and mid-infrared spectroscopy for classification of Huanglongbing and citrus canker infected leaves. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 15 (3): 75-79.

Schepers, J., Torre Neto, A., Vaz, D., Milori, L., Jorge, L., Rabello, L., Mattoso, A. and R. Inamasu. Instrumented citrus production. 2008. Proceedings of the international Symposium on application of Precision Agriculture for fruits and Vegetables. January 2008.

- Schumann, A. and Q., Zaman. 2005. Software development for real time ultrasonic mapping of tree canopy volume. *Comput.Elect. Agric.* 47 (1) :25-40.
- Schumann, A., Zaman, Q., Percival, D. and Gordon, R..2008. Estimation of wild blueberries fruit yield using digital color photography. *Proceedings of the international Symposium on application of Precision Agriculture for fruits and Vegetables.* January 2008
- Searle S., Casella, G. and McCullogh C. 1992.*Variance Components.* Wiley, New York.
- Shamshiri, R., Ehsani, R. Maja, J. and Roka, F.. 2013. Determining machine efficiency parameters for a citrus canopy shaker using yield monitor data. *Applied Engineering in Agriculture.* 29(1): 33-41.
- Siqueira, G., Vieira, S., Souza, Z, Dafonte, J., Paz, A. 2007. "Utilización de herramientas estadísticas y geoestadísticas para optimización del muestreo de propiedades físicas del suelo". *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo, Vol. VIII.* J. V. Giráldez Cervera y F.J. Jiménez Hornero, p. 173-178
- Sistema FruTIC. INTA. 2015. <https://servicios.frutic.inta.gob.ar/frutic-web/>
- Stuckens, J., Sommers, W., Verstraeten W. and Coppin, P. 2008. "Modeling of Physiology Related changes in a virtual Citrus orchard as detected by remote sensing platforms". *Proceedings of the international Symposium on application of Precision Agriculture for fruits and Vegetables.* January 2008
- Taylor, L. 1984. Assessing and Interpreting the Spatial Distributions of Insect Populations. *Annual Review of Entomology.* Vol. 29: 321-357 (Volume publication date January 1984). DOI: 10.1146/annurev.en.29.010184.001541
- Vieira, S. 2000. Uso de geoestadística em estudos de variabilidade espacial de propriedades do solo. In: Novais. R.F. (Ed.). *Tópicos em Ciência do Solo.* Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 3-87.
- Zadoks, J. and Schein, R. 1979. *Epidemiology and plant disease management.* New York Oxford University Press.
- Zadoks, J. 1985. On the conceptual basis of cross loss assesstment: The threshold theory. *Ann. Rev. Phytophatology* 23:455-473.
- West T., Welch K., and Galecki A. 2007. *Linear mixed models: a practical guide using statistical software.* Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 339 pp.

ANEXOS

ANEXO I: DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN FITOSANITARIA (MEF)

La MEF es una metodología para monitoreo de lotes cítricos comerciales para aplicar en precosecha, con frutos maduros.

Requerimientos:

1) Equipo de tres personas: Ing. Agrónomo y dos ayudantes monitores capacitados en los problemas fitosanitarios de la citricultura.

2) Colector de datos de campo: efectuar la carga de datos directa del campo a una planilla de cálculo electrónica, para eliminar tiempos muertos y errores por transcripción de datos. Características del colector: ser rústico, de diseño ergonómico y confiable.

3) Gabinete: para análisis de base de datos y elaboración del informe.

ETAPA 1: TRABAJO INICIAL

La correcta determinación inicial de estos datos permitirá ahorrar tiempos muertos posteriores, problemas de pérdida de datos o una errónea interpretación de los mismos.

A. Identificación del Lote. Considerar un lote representativo y, definir su problemática con el productor. Recopilar antecedentes del lote, plano, medidas, fotografía aérea o satelital, coordenadas en metros, número de plantas. Recolectar información previa para facilitar el correcto diagnóstico de los factores presentes. Datos de plagas, enfermedades, cosechas anteriores, estrategias de manejo, poda fertilización, etc. Recorrer el lote y definir las variables de afectan al rendimiento y la calidad.

B. Selección de la Planta “Top”: Buscar una planta referente para estimación visual y cálculo de rendimiento del lote. La planta seleccionada debe ser una de las mejores del lote en cuanto a sanidad y cantidad de frutos.

Paso 1: contar visualmente los frutos de la planta “top” (CVisual).

Paso 2: cosechar la planta y contar sus frutos. (CReal)

Paso 3: calcular el desvío entre el rendimiento estimado y la cosecha real.

$C_{Visual} - C_{Real} = \% \text{ error}$

Este porcentaje de error aplicar como factor de corrección de la estimación visual de frutos presentes en las plantas monitoreadas. Nota: Es normal que la cantidad de frutos estimada en una planta sea inferior a la obtenida cosechando uno por uno sus frutos. Cuanto la planta más frutos tiene, mayor el error cometido.

C. Trabajo en Gabinete

Confeccionar una planilla de cálculo Excel con los datos, incorporar las coordenadas en metros de las plantas a evaluar. Contar los metros a partir de los datos de distancia de plantación y partir de la esquina inferior izquierda del lote, mirando hacia el norte. A los efectos de evitar ceros, comenzar siempre con el valor 1. Si la matriz de la base de datos contiene errores generará pérdidas de tiempo en el trabajo de campo del segundo día. Copiar el archivo al colector. Disponer de la impresión de la fotografía satelital del lote.

ETAPA 2. TRABAJO DE CAMPO

A. Selección de los sitios de monitoreo

Sortear el primer sitio a evaluar dentro de los primeros 10 lugares de la primera fila del lote. Continuar con un muestreo sistemático sin cambiar, en todo el recorrido, el número de orden del sitio sorteado hasta el final del lote. Respetar siempre el sentido del recorrido (Figura 1).

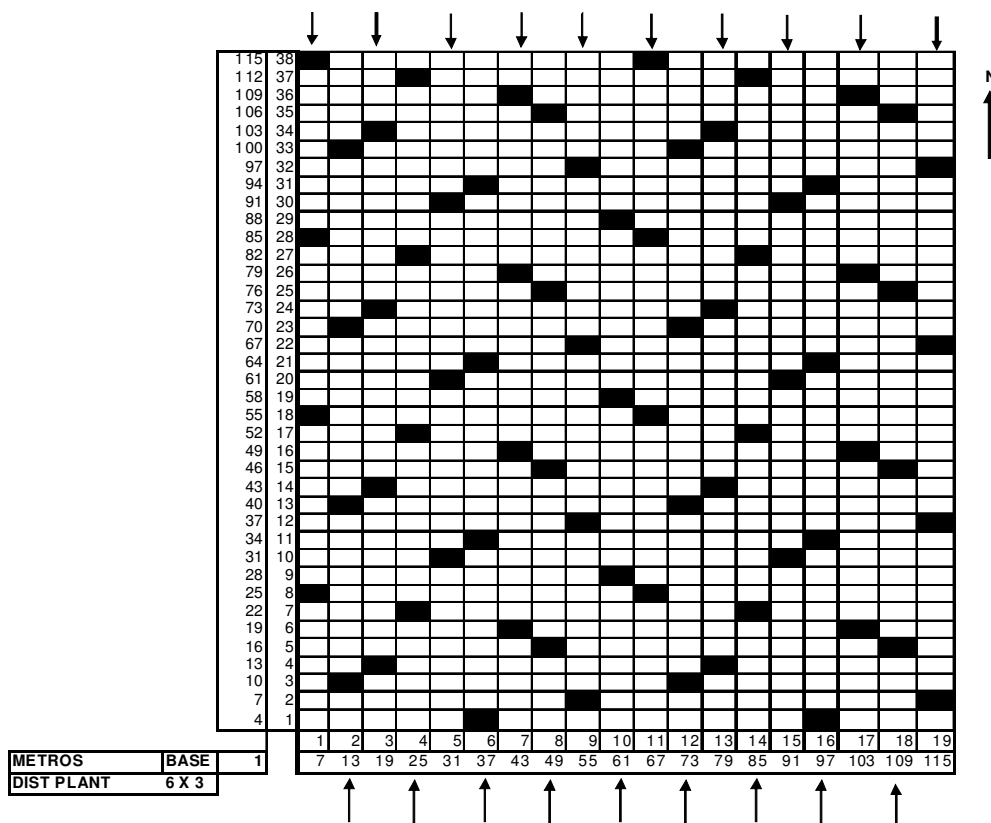


Figura 1. Mapa elaborado en base a un lote de naranjas plantado en un marco de 6 x 3 m y con un total de 722 sitios. Las flechas indican el sentido de inicio del monitoreo en cada fila y los cuadros negros son los sitios seleccionados para monitorear.

B. Carga Digital de los Datos

El técnico encargado del colector completa la base de datos con la información dictada por sus colaboradores. Se confecciona sobre el archivo original preparado el día anterior en gabinete, hasta terminar con la última planta seleccionada. En el ejemplo anterior la última planta de la base de datos es la planta 2 de la columna 19 (Figura 1).

C. Monitoreo del Rendimiento

Sobre la planta sorteada estimar visualmente su rendimiento y contar el número de frutos que tiene. Promediar la estimación de los monitores y obtener el rendimiento promedio estimado. Realizar el conteo visual en grupos de 5 o 10 frutos y contar la cantidad de grupos que tiene la planta. No realizar conteo fruto por fruto, ya que resulta engorroso, lento y generalmente el valor alcanzado es muy bajo con respecto a la cantidad de frutos real.

Plantas similares a la planta “top” considerar normales (“N”). Cuanto más variabilidad se encuentre en el lote, es mayor la probabilidad de encontrar una planta diferente a la “top”, la que presenta una suma de factores que hacen que no tenga la cantidad y/o calidad de frutos de la planta de referencia. Por ejemplo psorosis (“P”), edad (“E”), etc. Asignar un orden de importancia a los hasta cuatro factores que afectan al rendimiento de esa planta, uno principal y hasta tres secundarios, según criterio agronómico. Si el factor desconocido (“D”) es muy frecuente, utilizar la información para realizar una consulta posterior.

D. Monitoreo de la Calidad

Monitorear 24 frutos por planta, sin extracción. Para lotes nuevos o con pocos frutos por planta, disminuir el muestreo a 12 frutos por árbol. Una vez definido el número de frutos por árbol, no se debe cambiar. Árbol de menos de 24 frutos, evaluar la mayor cantidad posible.

Monitoreo del calibre: medir la parte ecuatorial del fruto en milímetros.

Determinación de la Calidad comercial: clasificar según normas de calidad en Categorías superior (“S”), elegido (“E”), comercial (“C”), común (“M”) o descarte (“D”).

Determinación de los factores que afectan la calidad: Frutos sin defectos (“SD”). Frutos con al menos un defecto, como rameado (“R”), cochinilla (“H”) forma (“F”), etc. De existir más factores en la misma fruta, categorizar por orden de importancia, alcanzando hasta un cuarto nivel. Muestrear más frutos del sector más cargado.

E. Toma muestra de frutos para correlación peso-calibre

Muestrear 50 frutos incluyendo la mayor variedad de calibres presentes, para determinar la correlación peso – calibre.

ETAPA 3: TRABAJO EN GABINETE

A. Depuración de la base de datos

Filtrar la base de datos en planilla de calculo para la búsqueda de errores de tipeo, datos erróneos o problemas de configuración de coordenadas de las plantas.

B. Estimación del rendimiento

Relación peso y calibre de los frutos: Pesar y calibrar los 50 frutos muestreados el día anterior. Con estos valores confeccionar un listado para el ajuste de un modelo de regresión lineal. Utilizar el peso como variable respuesta y el calibre de los frutos como variable regresora y así obtener los diferentes rangos de calibres y sus pesos correspondientes.

Cálculo estimación del rendimiento: obtener el peso promedio que corresponde a cada rango de calibres. Aplicar el factor de corrección determinado en la primera etapa con los datos tomados de la planta de referencia o “TOP”. Realizar la sumatoria de todos los rendimientos estimados de todas las plantas evaluadas, multiplicándolos por 10 y de esta manera llegar a una estimación del rendimiento total del lote. Luego llevar a Tn/lote y tn/ha.

x

$\sum_{i=1-x} \text{Rendimiento/planta} X . 10 . \text{Factor de corrección error conteo visual}$

i= 1-x

C. Análisis de datos

Copiar la base de datos al programa estadístico. En el análisis calcular el porcentaje de plantas afectadas por los diversos factores encontrados que afectan al rendimiento. También el porcentaje de frutos por planta afectados en calidad. Evaluar los datos por su factor principal. Posteriormente, para realizar

un análisis de algún factor en particular, filtrar el dato sin considerar un orden de importancia en el fruto, como en el caso de las enfermedades cuarentenarias (*). Para elaborar los mapas se debe ordenar los datos en porcentajes por planta de cada factor y generarlos en algún programa específico de mapeo (GeoR, Surfer, etc)

D. Informe al productor

Presentar el detalle del listado del porcentaje de factores que afectan al rendimiento de las plantas y de los factores que afectan a la calidad de los frutos clasificados según su presencia relativa en el lote. Confeccionar un gráfico de distribución de calibres. Informar el volumen en kg/ha y por lote estimado y el destino comercial de la producción en porcentajes. Presentar una interpretación de los factores que afectaron al rendimiento y a la calidad. Presentar e interpretar los mapas de distribución espacial de los principales factores.

(*) Enfermedades cuarentenarias: son enfermedades que además de conferirle al fruto una calidad deficiente, su mínima presencia en el fruto es rechazada por los países importadores, al considerarla una plaga de importancia económica potencial y donde aun no se encuentra presente, o si está presente, no se encuentra ampliamente distribuida y está siendo oficialmente controlada. Los principales problemas cuarentenarios para los cítricos en la zona son cancrisis, mancha negra y sarna, y dentro de los insectos la mosca de la fruta.

ANEXO II: Procedimientos realizados en programa informático INFOSTAT para el análisis de los datos:

PASO 1: Abrir en InfoStat el archivo de la base de datos creada en Excel, con la previa eliminación de plantas chicas, plantas de bajo rendimiento y fallas. Con la función Control + D rellenar todos los datos de cada planta para cada uno de sus frutos evaluados.

PASO 2: Ir a menú: DATOS – MUESTREO REMUESTREO –

Seleccionar REGISTRO (trasladarlo a “variable”) y CODIGO DE ARBOL (trasladar a “criterios de clasificación”)

ACEPTAR

Tildar la opción muestras: “método de muestreo aleatorio sin reposición”, número de muestras: 30 y “tamaño muestral” 24 y luego pasar a los restantes análisis de 16 y 8 frutos).

Bloquear columna A, Seleccionar “BUSCAR VACÍOS” (botón derecho del mouse) y desactivar.

ACEPTAR

PASO 3: ir a DATOS – “Crear nueva tabla para casos activos”

PASO 4: ir a DATOS “Ubicar columnas una bajo la otra”

En la ventana seleccionar “todas la muestras” pasarlas a “columnas” y “CODIGO DE ARBOL” a “copiar”.

ACEPTAR – ACEPTAR.

Renombrar columna 2 como “REGISTRO” y quitar los decimales.

PASO 5: Ir a DATOS – “Unir tablas horizontalmente”

Seleccionar “Variables de concatenación” CODIGO, ARBOL y REGISTRO

ACEPTAR

Seleccionar la base de datos original de donde se realizó el remuestreo.

ACEPTAR

PASO 6: ir a ESTADISTICOS – DATOS CATEGORIZADOS- “Tabla de contingencia” seleccionar CAT (categoría comercial) particionado por “muestra grupo.cols”

ACEPTAR – ACEPTAR

Se obtiene el archivo “RESULTADOS”.

PASO 7: copiar sobre planilla Excel el archivo “RESULTADOS” con las tablas de contingencia de cada uno de los remuestreos, e identificar en una columna denominada “REM”. Con la opción filtro buscar el factor que se desee analizar para cada uno de los remuestreos obtenidos. Nota: para que la opción filtro considere las celdas en blanco, es necesario habilitar una primera columna con un número de orden que tome todas las filas utilizadas.

PASO 8: Copiar el factor filtrado en una nueva hoja de Excel, incorporar dos nuevas columnas, denominadas “esperado” y “DIF”. En la columna “esperado” introducir el valor “Gold Standard” de los porcentajes obtenidos en la base de datos original y en la siguiente calcular la diferencia entre porcentaje logrado menos porcentaje esperado o “Gold Standard”.

PASO 9:

Una vez obtenida la diferencia copiar toda la planilla con todos los muestreos obtenidos del factor elegido en el programa InfoStat.

PASO 10: hacer la prueba “t” de Student para una media para ver si las diferencias son o no estadísticamente iguales a cero. Ir a ESTADISTICOS – “Inferencia basada en una muestra” - “Prueba t para una media”, colocar en “Variable” la columna “DIF” y particionado por la columna “REM”

ACEPTAR – ACEPTAR

PASO 11: Con los resultados se elabora un gráfico de cajas o “Box Plot” y se compara los desvíos.

Ing. Agr. Ricardo Horacio Mika



Dra. Mónica Balzarini

DIRECTORA



Dr. Mariano Córdoba

CODIRECTOR