



Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo

Universidad de San Miguel de Tucumán

INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

“Aplicación de nuevas tecnologías asociadas a procesos biológicos en postcosecha del limón”.

Juárez, Santiago Nicolás

Año 2025

Licenciatura en Ciencias Biológicas

Directora: Dra. Alderete, Mariela

Codirector: Ing. Martín Terán.



Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo

Universidad de San Miguel de Tucumán

INFORME FINAL DE PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

“Aplicación de nuevas tecnologías asociadas a procesos biológicos en postcosecha del limón”.

Juárez, Santiago Nicolás

Año 2025

Licenciatura en Ciencias Biológicas

Directora: Dra. Alderete, Mariela

Codirector: Ing. Martín Terán.



ÍNDICE

RESUMEN	3
DATOS DE LA EMPRESA.	4
OBJETIVOS	5
INTRODUCCION	6
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	9
1.- Visita a la planta de empaque de limón	9
2.- DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS	12
1.- Colecta de limones representativa por caja de exportación	12
2.- Tamaños de limones utilizados, calibres.	13
3.- Tratamientos de poscosecha	13
4.- Mediciones registradas	14
RESULTADOS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SEGUIMIENTOS DE LIMONES	16
Enfermedades de campo y asociadas a poscosecha	16
“Podredumbre peduncular”:.....	19
Antraconosis:	20
“Podredumbre amarga”:.....	21
Moho verde:	22
Primera evaluación de análisis de prevalencia de enfermedades decampo y poscosecha:	23
Evaluación de la pérdida de peso	28
CONCLUSIONES FINALES.....	33
CONSIDERACIONES PARA LA EMPRESA	34
APRECIACIONES PERSONALES.....	34
Agradecimientos	35
Bibliografía consultada	36
Anexo.....	39
Anexo 1.....	39
Anexo 2.....	40
Anexo 3.....	41



RESUMEN

El cultivo del limón representa una de las más importantes actividades agrícolas en la provincia de Tucumán; con la mayor parte de la cosecha destinada a la exportación como alimento fresco. Para ello, los limones atraviesan por una etapa de procesamiento poscosecha que implica la sanitización y clasificación de la fruta para cumplir los estándares fitosanitarios del país destino. En el presente informe se detallan la experiencia de entrenamiento sobre el control de calidad en una planta de empaque. Se realizó un seguimiento del peso y la presencia/ausencia de patógenos asociados a la poscosecha en la fruta seca durante 50 días; a fin de comparar diferencias entre tratamientos de sanitización convencionales frente a propuestas más ecológicas, para el mantenimiento de la calidad de la fruta. Los resultados exploratorios muestran que la pérdida de peso no parece diferir entre los tratamientos de sanitización convencionales y la fruta de campo; por otro lado, la prevalencia de enfermedades varía según tratamiento y calibre de fruta.

Palabras clave: limón, exportación a Unión Europea, pérdida de peso, control biológico, enfermedades de campo, enfermedades de poscosecha, sanidad, seguridad alimentaria, fruta fresca cítrica, planta de empaque, preselección, selección.



DATOS DE LA EMPRESA.

Agrobio SAS es un startup constituido desde el año 2017 dedicada a la Vinculación y Transferencia de Conocimiento y Tecnologías para el desarrollo e implementación de soluciones integrales en Sistemas Productivos Sostenibles. El enfoque de su trabajo responde a las nuevas demandas de productores, elaboradores y consumidores que desean lograr diferenciales maximizando los resultados de sus empresas o adquirir productos con nuevos atributos y beneficios para el bienestar propio y de su entorno (consumidores).

Busca generar alternativas a los sistemas productivos convencionales desde el campo hasta la mesa de los consumidores (Farm to Fork). Proponiendo y promoviendo el desarrollo de diferenciales (Specialities) en las actividades productivas intensivas y extensivas, teniendo en cuenta el potencial propio de la síntesis biológica siendo respetuosos de los procesos que cada empresa realiza a lo largo de la cadena de valor de los productos que producen (materias primas) o elaboran (con los diferentes grados de valor agregado).

OBJETIVOS

Objetivo general:

Obtener entrenamiento en aspectos relacionados a la Gestión de la Calidad de frutos, particularmente en el proceso de poscosecha del limón, *Citrus limon*; haciendo énfasis en condicionamiento y conservación de la materia prima en la industria alimenticia.

Objetivos específicos:

- Conocer los diferentes sectores y funcionamiento de las instalaciones de una planta de empaque de fruto fresco cítrico (*Citrus limon*) para el comercio interno y de exportación.
- Obtener entrenamiento en la aplicación de diferentes tratamientos para la conservación de frutos frescos (provenientes del campo, convencionales, y propuestas biotecnológicas).
- Adquirir habilidades en la identificación de síntomas asociados a enfermedades en limones de exportación, tanto provenientes de campo como asociadas a poscosecha.
- Desarrollar destrezas en el análisis de la información recolectada procedente del acondicionamiento de frutos frescos que difiere según la técnica de conservación y el calibre del fruto fresco.



INTRODUCCION

El cultivo de limón (*Citrus limón* Burm) representa una de las actividades económicas y productivas más importantes de nuestro país. En la Argentina podemos identificar dos regiones productoras de frutas cítricas: el NEA y el NOA, concentrándose el mayor porcentaje de superficie cultivada en la provincia de Tucumán liderando con el 75% del total país (Sánchez, 2020). Específicamente, la temporada productiva suele abarcar desde marzo hasta septiembre, aunque puede variar dependiendo de las condiciones climáticas. Durante este periodo Argentina funciona como como fuente de limones para el mercado mundial en contra estación, siendo el mayor procesador de esta fruta en el hemisferio Sur. (Ferrero *et al.*, 2022).

Entre 2007 y 2023 la producción siguió creciendo, pero a menor ritmo y con mayor volatilidad, experimentando ciclos de expansión y contracción; alcanzando en 2023 un volumen aproximado de 2,3 millones de toneladas producidas.

Tabla 1: La actualidad del limón en Argentina (Información tomada del Informe de Cadenas de Valor – Limón. Año 10 N° 84, agosto 2025):

Indicadores	Valor (último año reportado)
Superficie total implantada	≈ 61.7 mil ha (2023)
% Superficie plantada en Tucumán	74% (≈ 45.5 mil ha para el año 2023).
Estimación superficie neta Tucumán	~40.1–42.3 mil ha (campana 2024/2025)
Producción nacional (volumen)	≈ 2.3 millones t (máximo histórico, 2023).
Procesado (materia prima)	~1.5 millones t materia prima procesada; 69 mil t de jugo concentrado y 4.4 mil t de aceite esencial (2023).
Exportaciones (valor cadena)	USD 512 millones (2024).
Volumen exportado — limón fresco	≈ 170 mil t (2024)
Estado de comercialización / orientación	Fuerte orientación exportadora; asignación productiva: mayoría a industria (jugo/aceite), menor % a exportación en fresco; estacionalidad marcada (oferta fresca concentra en junio-julio).

Aproximadamente el 70 % de los limones que se cultivan y cosechan en Argentina se dirigen a la industria para comercializarse, ya sea para jugo, elaboración de aceites esenciales; o se comercializa para la elaboración de pectina (Stein, 2007). La producción se destina a la exportación y mercado interno, con énfasis en satisfacer la demanda de los mercados externos, principalmente la Unión europea (Landa, 2014). Para ello la fruta debe cumplir un determinado estándar de calidad tanto visual como fitosanitario a través del procesamiento, donde los frutos que ingresan desde el campo atraviesan un proceso de selección de calidad hasta el empaque del producto fresco con su destino final.

El procesamiento poscosecha del limón comienza en el campo, donde cada bin (cajón contenedor) es marcado con código de barras que relaciona la fruta con el productor, finca y lote. Este procedimiento es crucial para la trazabilidad del productor y para asegurarse de que la unidad de producción se encuentra registrada en el Programa de Certificación de Cítricos para Exportación

del SENASA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2016).

De acuerdo con el sistema de registros del SENASA, la provincia de Tucumán cuenta con 90 establecimientos dedicados al empaque de frutas cítricas; los cuales son monitoreados por inspectores según lo estipula el manual de planta de empaque y el manual de inspector de empaque, provistos por el SENASA en el marco del Programa de Certificación de Fruta Fresca Cítrica para Exportación. Es dentro de estos establecimientos en donde se realizan los procesos de preselección y selección.

La preselección consiste en la selección y descarte de frutos que no se encuentran dentro de los parámetros de calidad para su exportación como fruta fresca, principalmente en cuanto a tamaño, color y forma; para ello, el bin se vuelca en una pileta y se desinfecta con alguno de los siguientes componentes:

- Hipoclorito de sodio: 200 ppm, durante 2 minutos en hidroyinmersores.-
- Dióxido de cloro: 3 ppm, durante 2 minutos en hidroyinmersores.
- Ortofenilfenato de sodio: 2%, durante 30 segundos en cortina o aspersores.

Luego sigue el enjuague y escurrido, separando la fruta demasiado pequeña, grande o de forma anómala, material vegetal que no corresponda al fruto y que cuente con presencia de enfermedades o lesiones. Posteriormente, ocurre una primera aplicación de fungicida y un segundo secado de la fruta.

La selección comienza con otra inmersión sanitizante, para realizar otra selección y descarte donde se separa manualmente la fruta según tamaño, color y calidad. Al ser limones a los que se les aplicó fungicida y no cumplen los estándares de calidad son descartados, puesto que no pueden ser consumidos frescos ni ser derivados a la industria por dicha aplicación. Luego de un secado similar al anterior, se hace una aplicación de cera acompañada con fungicidas como el Imazalil, Tiabendazol y/o el Pirimetanil (Fogliata *et al.*, 2018), donde la cera tiene por propósito dar brillo y evitar la pérdida de peso por deshidratación (Molina *et al.*, 2018).

A continuación, sucede el proceso de empaque, en donde la fruta en buenas condiciones pasará por una balanza que divide a los limones y los clasifica según su calibre; para luego ser envueltos y puestos en cajas para su transporte fuera de la planta de empaque (Molina *et al.*, 2018).

Finalmente, la fruta seleccionada se coloca manualmente en su embalaje para la venta. Las cajas terminadas suelen pasar por un sector de control automático donde se toman muestras aleatorias para controlar su calidad. También se toman algunas cajas que se dejan en cámaras testigo a 7°C durante 45 días para seguir la evolución del producto hasta su destino final (Olmedo, 2017).

Pueden existir errores a lo largo del proceso que permitan el paso de una fruta contaminada y que puede servir de vehículo para un patógeno que no es propio del ambiente a donde viaja la fruta, ocasionando daños importantes a la producción de la región destino. Con todo lo dicho, resulta clara la importancia de la fase de poscosecha en la ruta de la exportación; con mediciones que registran en nuestro país, pérdidas estimadas en un 12 % para limones durante poscosecha (Federcitrus, 2018), Si a esto le sumamos el aumento global de la demanda de alimentos con una menor carga de productos químicos inorgánicos; resulta oportuno evaluar alternativas diferentes a los métodos tradicionales que no solo cumplan con el objetivo de preservar la fruta el mayor tiempo posible hasta su llegada a destino, sino que también permitan el consumo de todos los componentes que constituyen al limón.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS

1.- Visita a la planta de empaque de limón

La planta de empaque de Hijos de Norberto Esparza S.R.L. se encuentra hacia el sureste del gran Área Metropolitana de Tucumán, sobre la Ruta Nacional 9 Km.1285, San Miguel de Tucumán, Argentina. 26°52'13"S 65°10'54"O (Figura 1, 2 y 3). Durante las primeras visitas, observamos como es opera la planta de empaque: La fruta que ingresa desde el campo, pasa por un puesto de control con una balanza para camiones, en donde los vehículos con los bins de limón ingresan al establecimiento; se procede a controlar que la documentación de la finca de procedencia esté en orden, así como el peso de la carga. Mas adelante los operarios del empaque descargan los cajones de fruta, apilándolos y almacenándolos en el galpón principal a la espera de su procesamiento.

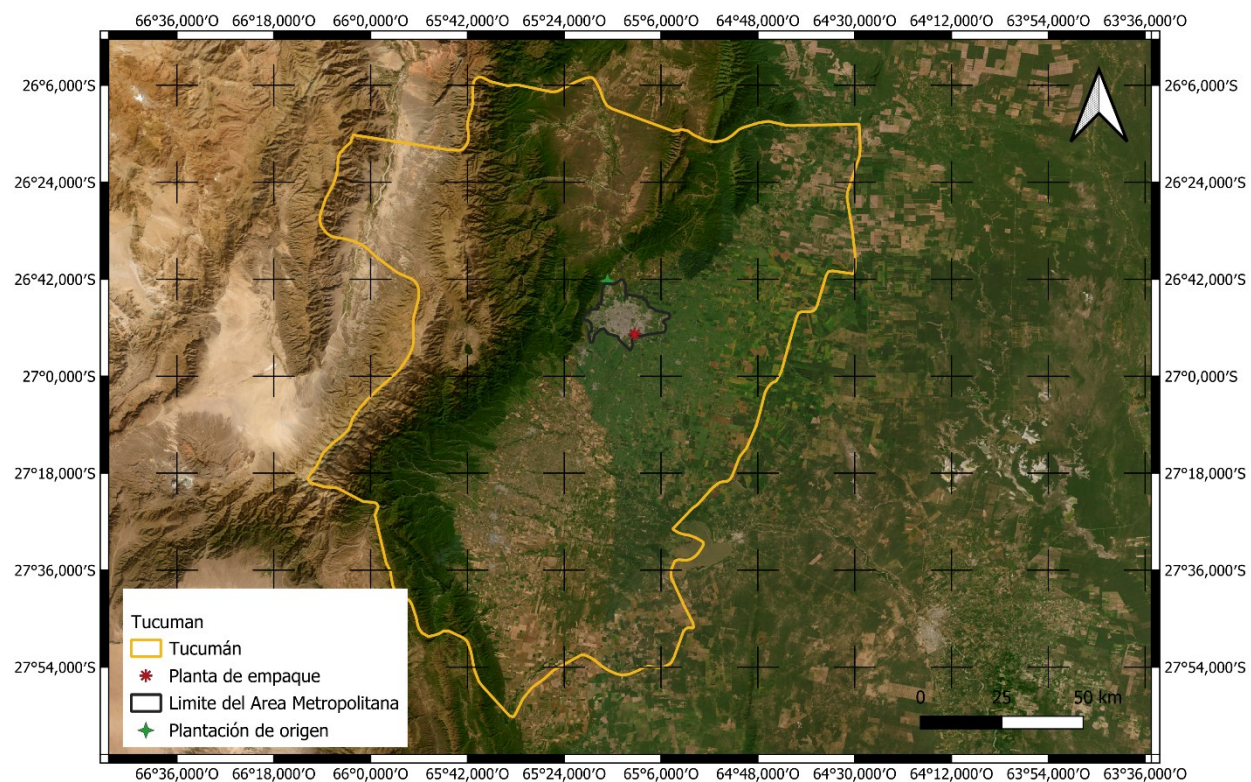


Figura 1: Provincia de Tucumán, Argentina. Fuente: SimpleMaps, (2025).

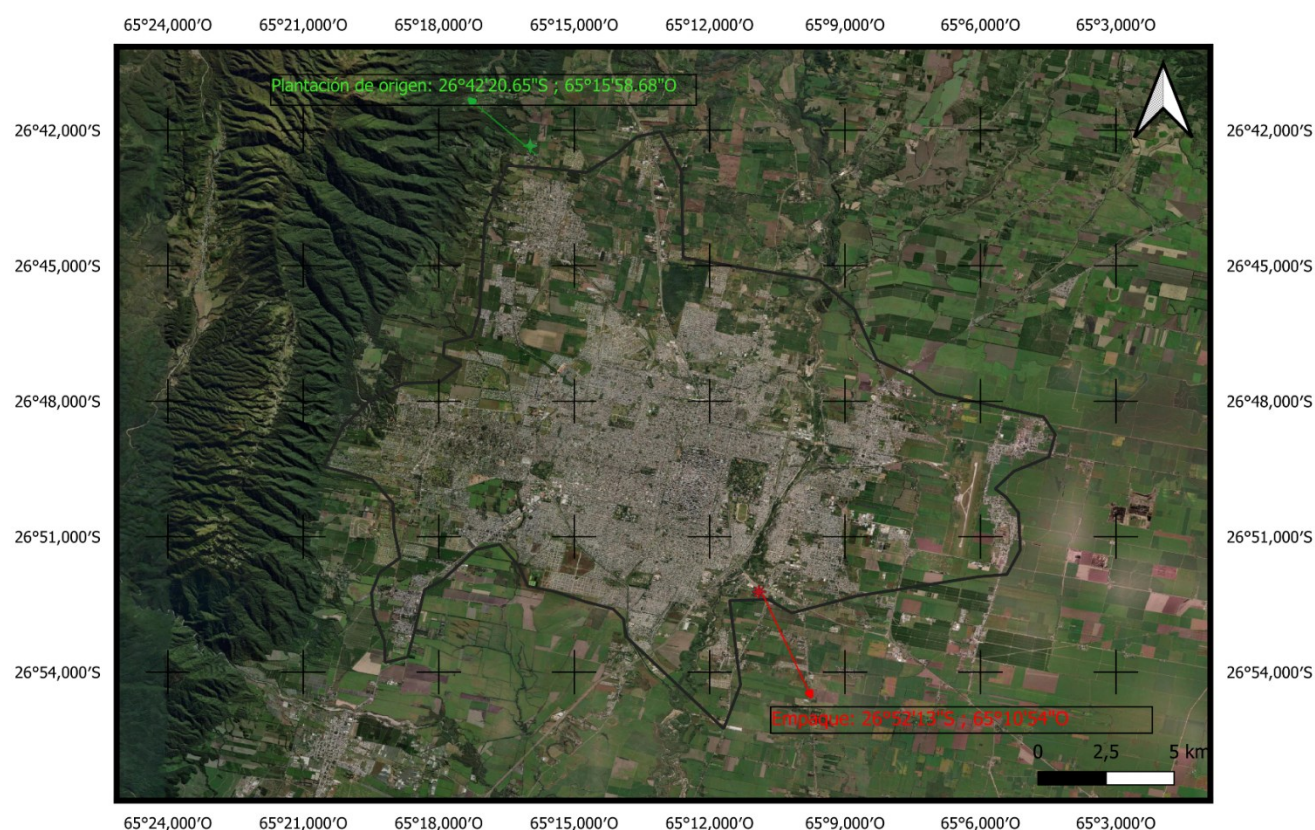


Figura 2: Mapa del Gran Área Metropolitana de Tucumán, ubicada en la zona del piedemonte.

En verde, localización de la plantación de origen; en rojo, ubicación de la planta de empaque.

Se empieza con el sumergido de la fruta en un hidro inmersor para ser sanitizada según la directiva 2000/29/CE. A continuación, los limones se transportan por medio de una cinta para ser preseleccionados por los operarios, descartando la fruta que no cumpla con los estándares estéticos o fitosanitarios. Luego se procede a la primera aplicación de fungicida antes de un segundo proceso de secado, seguido de otro proceso de selección y descarte para proceder con la segunda y tercera aplicación de fungicida, más la cera. Finalmente, la fruta es clasificada y empaquetada para su salida de la planta de empaque.



Figura 3: Mapa del predio del empaque.

2.- DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

1.- Colecta de limones representativa por caja de exportación

Todos los limones con los que se trabajó provienen de un mismo productor, cuyos cultivos se encuentran en las inmediaciones de Tañi Viejo, coordenadas geográficas $26^{\circ}42'20,65''$ S ; $65^{\circ}15'58,68''$ O (Figura 1). Todos corresponden a una misma variedad, siendo la copa GENOVES y el pie CITROMELO.

A fin de obtener una mayor representatividad de cada calibre y tratamiento, seleccionamos una cantidad de limones necesaria para llegar a los 6 kilogramos de peso para cada uno de los tratamientos; lo que equivale al 33% del peso total de un cajón de fruta exportada, el cual ronda los 18 kilogramos. Las unidades de muestreo fueron seleccionadas de los cajones del campo, para

el tratamiento control; y de la cadena del proceso de selección post sanitización, para los demás tratamientos. De esta forma terminamos con un total de 6 cajones de fruta.

2.- Tamaños de limones utilizados, calibres.

Para ésta práctica decidimos trabajar con los calibres comerciales destinados a Unión Europea, siendo estos: el 100, 113, 125 y 138 (Tabla 2). Estos calibres hacen referencia a la cantidad de fruta fresca envasada en una caja telescópica, que en nuestro caso son cajas de 18 kg (Figura 4), siempre que se mantenga la homogeneidad de los calibres (Palacios, 2005).

Tabla 2: Tamaños de limones que se manejan en la balanza de Hijos de Norberto Esparza SRL:

Calibre	Peso promedio (g)	Lím. inferior	Lím. Superior
100	180	168	193
113	159	150	168
125	143	136	150
138	130	124	136

3.- Tratamientos de poscosecha

Los tratamientos fueron los siguientes:

- Tratamiento control, denominado como Campo.
- Tratamiento con sanitizante, es decir fruta a la que solo se le realizó un baño en el hidro inmersor, denominado Sanitizado.
- Tratamiento con sanitizante + cera, que es el método convencional que se usa en el empaque y que incluye el uso de fungicidas inorgánicos, denominado Cera.
- Tratamiento con sanitizante + un film biológico de metabolitos, denominado como Microorganismos.
- Tratamiento con sanitizante + elaboración a base de compuestos fenólicos, denominado como Polifenoles.



Figura 4: Cajones de los tratamientos Campo y Cera.

4.- Mediciones registradas

Se realizó el seguimiento de limones de manera individual correspondiente cada uno a un calibre y tratamiento de poscosecha (26/07 al 15/09) en intervalos de una semana (8 semanas), simulando el tiempo de trayecto de la fruta desde la planta de empaque hasta el país de destino. En cada momento de inspección individual del limón se cuantificó el peso y se registró la presencia de sintomatología asociada a enfermedades de campo o de poscosecha. Con respecto al peso, se procedió para cada limón de manera individual utilizando una balanza digital de precisión y posteriormente marcado con su correspondiente identificación “XYn”; donde X es el tratamiento (Campo es A, Sanitizados es B, Cera es C, Microorganismos es D y Polifenoles es E), Y corresponde al calibre (100 es A, 113 es B, 125 es C y 138 es D.) y n es el numero de la fruta (Figura 5). Se calculó el porcentaje de pérdida de peso comparando el peso de cada limón entre el primer momento de toma de muestra hasta el momento final (semana 8).



Figura 5. Limón CD21 correspondiente al limón 21 del tratamiento Cera, calibre 138.

Para la identificación de los síntomas asociados a las enfermedades de post cosecha y campo; siguiendo las observaciones y experiencia de mi codirector perteneciente a la empresa Agrobio SAS, así como la consulta a material bibliográfico correspondiente (Carbajo Romero *et al.*, 2019; Di Masi *et al.*, 2021; Wikee *et al.*, 2011). A los limones que presentaron podredumbres particularmente agresivas se les dejó de realizar un seguimiento del peso, puesto que estaban tan frágiles que era imposible pesarlos sin que la fruta se desarme.

Una vez concluida la toma de datos en el empaque, se organizó la información de seguimiento de peso y registro de síntomas de enfermedades de cada limón en planillas de Excel, para su posterior

análisis. En pérdida de peso, se tuvo en cuenta el seguimiento individual mediante evaluaciones de estadística descriptiva para visibilizar comparaciones de estas variables según calibre de limón y tratamiento de poscosecha. Y, para poder cuantificar la prevalencia de las enfermedades, se procedió a su medición utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ Prevalencia} = (\text{cantidad de limones afectados} / \text{total de limones}) * 100,$$

También para cada uno de los diferentes tratamientos o calibres de limones.

Los análisis fueron desarrollados con la supervisión de mi directora a través del software estadístico R Studio y Google Colab, para visualizar a través de gráficos los datos obtenidos.

RESULTADOS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SEGUIMIENTOS DE LIMONES

Enfermedades de campo y asociadas a poscosecha

En el transcurso de los 50 días de seguimiento individual de limones, se registraron seis casos de enfermedades asociadas a estos frutos:

“**Mancha Negra de los cítricos**”: cuyo agente causante es el género *Phyllosticta* (Ascomycota. Dothideomycetes. Botryosphaeriales. Phyllostictaceae.), su estado teleomorfo corresponde al género *Guignardia*, el cual suele ser considerado sinónimo (Wikee *et al.* 2011). Las fuentes de inóculo son los picnidios que suelen ser globosos, subglobosos o timpaniformes y aplanados. Estos organismos atacan a las hojas, ramas verdes y especialmente a los frutos, en donde se observan lesiones circulares de color rosado a rojo oscuro (Figura 6), pueden o no desarrollar picnidios en el centro (Carbajo Romero *et al.*, 2019). El patógeno no penetra más allá del mesocarpio externo del fruto por lo cual es un daño estético, aunque algunas especies son consideradas una enfermedad cuarentenaria en países de Europa como *Phyllosticta citricarpa* (Batuman *et al.*, 2020). Es una enfermedad que proviene del campo y su presencia en las cajas de fruta de exportación se debe a que la fruta pasó los controles de los operarios en los procesos de selección, probablemente porque no es sencillo el diagnóstico de este patógeno.

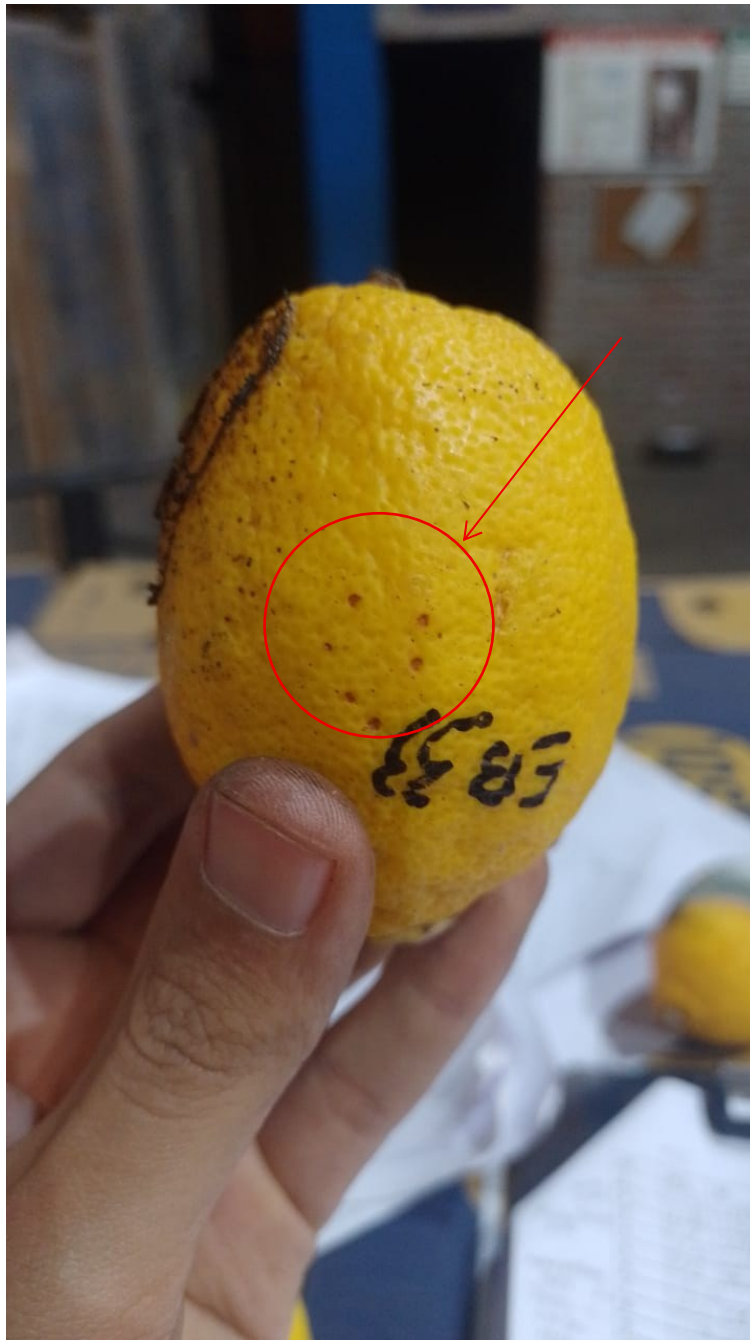


Figura 6. Pequeñas manchas rojas de *Phyllosticta citricarpa*

En cuanto a enfermedades de carácter no cuarentenario se registraron:

“**Podredumbre marrón**”: cuyo agente causante es el género *Phytophthora* (Oomycota, Oomycetes, Peronosporales, Peronosporaceae), de importancia económica por el daño que producen en plantas ornamentales y cultivos a lo largo del mundo. Es un género que se registra en

diferentes ambientes /sustratos acuáticos y terrestres, aunque en mayor o menor medida asociados al agua. El micelio está compuesto de hifas ramificadas y cenocíticas; por lo que es capaz de vivir en forma saprófita sobre las partículas de materia orgánica del suelo en ausencia del huésped (Batuman *et al.*, 2020). Los síntomas son una podredumbre marrón, firme y coriácea (Figura 7) y si las condiciones ambientales son favorables, sobre las manchas marrones aparece un micelio blanco. En Tucumán, se registraron específicamente *Phytophthora citrophthora* y *Phytophthora parasitica* (Carbajo Romero *et al.*, 2019). En la planta produce síntomas como podredumbre en el pie o gomosis del tallo. Temperaturas entre los 18-25 °C, excesiva humedad, daños por helada y suelos pesados y anegados, son factores predisponentes para la infección de la planta (Carbajo Romero *et al.*, 2019).



Figura 7. Podredumbre marrón en el pezón, síntoma de *Phytophthora sp.*

“**Podredumbre peduncular**”: ocasionada por los hongos *Diaporthe citri* (Ascomycota. Sordariomycetes. Diaporthales. Diaporthaceae. Syn. *Phomopsis citri*) y *Lasiodiplodia theobromae* (Ascomycota. Dothideomycetes. Botryosphaeriales. Botryosphaeriaceae. Syn. *Botryosphaeria rhodinia*). El principal método por el que estos hongos se reproducen es a través de conidios asexuales (Batuman *et al.*, 2020). Los síntomas se manifiestan con un cambio de color a marrón claro en la corteza del fruto, alrededor del pedúnculo (Figura 8). La lesión es firme al inicio, pero posteriormente ocurre ablandamiento del tejido que se torna de aspecto correoso y flexible, si las condiciones son de elevada humedad, se puede formar sobre el fruto una capa de micelio blanco (Romero *et al.*, 2019). Los síntomas son similares para ambos patógenos, por lo que no se puede diferenciar a simple vista. Es necesario en este caso hacer un correcto diagnóstico por laboratorio (Carbajo Romero *et al.*, 2019). Se considera un problema sanitario al impedir el ingreso en el mercado como fruta fresca por una cuestión sólo de estética. No hay inconveniente si la fruta es destinada para industria (Batuman *et al.*, 2020).



Figura 8. Inicio de podredumbre peduncular, provocada por *Diaporthe citri*.

Antraconosis: enfermedad causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Ascomycota. Sordariomycetes. Glomerellales. Glomerellaceae.), en frutos se observan grandes áreas deprimidas de color oscuro (Figura 9), pero es un tejido firme y duro. No es un hongo frecuentemente observado en frutos desarrollados (Carbajo Romero *et al.*, 2019). Aparte de los factores comunes para el desarrollo de cualquier hongo (temperaturas entre 24–29 °C, alta humedad y disponibilidad de inóculo), condiciones ambientales como sequías y heladas pueden provocar deficiencias nutricionales en los frutos debilitando sus tejidos y predisponiendo a la infección por parte de este hongo (Carbajo Romero *et al.*, 2019).



Figura 9. Hundimiento oscuro en el epicarpio, asociado a *Colletotrichum gloeosporioides*.

“Podredumbre amarga”: ocasionada por *Geotrichum citri-aurantii* (Ascomycota. Saccharomycetes. Saccharomycetales. Dipodascaceae.) cuyas esporas entran en la fruta a por heridas, provocadas por daños mecánicos o por insectos. Los síntomas más comunes son: podredumbre blanda, lesiones no descoloridas con áreas de color marrón oscuro y márgenes púrpuras, combinados con un olor agrio distintivo. En una etapa avanzada, la superficie infectada exhibe una masa blanca de esporas, internamente tejidos ablandados, húmedos y con un olor a vinagre (François *et al.*, 2022). Un fruto podrido, a su vez, constituye una nueva fuente de inóculo.



Debido a que el hongo desintegra los tejidos por acción de las enzimas (Figura 10), el jugo derramado dispersa al patógeno hacia otros frutos, contaminando a estos y a las superficies en contacto (Di Masi *et al.*, 2021).



Figura 10. Dos manchones negros que corresponden a limones desintegrados por el accionar de *Geotrichum citri-aurantii*,

Moho verde: podredumbre causada por el hongo *Penicillium digitatum* (Ascomycota. Eurotiomycetes. Eurotiales. Aspergillaceae.). Esta enfermedad comienza con la aparición de una zona blanda, acuosa que se va extendiendo por el resto del fruto, más adelante se cubre de un

micelio color blanco (Figura 11) y pasados unos días este se torna de color verde oliva por la esporulación del mismo (Carbajo Romero *et al.*, 2019).

Este patógeno se reproduce aceleradamente a temperatura natural entre 15 y 28 °C y es típico de heridas causadas por el manejo de cosecha, transporte o por heridas provocadas por uñas, tijeras, clavos o astillas de los bines de cosecha de limón (Carbajo Romero *et al.*, 2019).



Figura 11. Inicio de podredumbre, asociada a *Penicillium digitatum*.

Primera evaluación de análisis de prevalencia de enfermedades decampo y poscosecha:

En general, el porcentaje de prevalencia no superó el 6 % para el seguimiento de un total de 790 limones (164 limones campo control, 152 sanitizados, 158 sanitizados + cera, 157 sanitizados + microorganismos, 159 sanitizados + polifenoles). Se observó que la prevalencia de las distintas enfermedades de campo y poscosecha fue variable, tanto entre los distintos tratamientos como en los diferentes calibres (Figura 12). Se observa diferencias principalmente en cuanto a calibres



según el tratamiento poscosecha. En limones sanitizados, los calibres 113 y 138 fueron más afectados, al igual que en tratamiento cera con el calibre 138. En los tratamientos biotecnológicos utilizados, el correspondiente a uso de microorganismos pareciera presentar mayor infestación en calibres 100 y 113, y con el de polifenoles, se registraron los mayores valores de porcentajes de prevalencia, también en calibres 100 y 113, comparados todos los tratamientos convencionales (sanitizante y sanitizante + cera) y biotecnológicos (sanitizante + microorganismos; sanitizante + polifenoles) con limones de campo sin tratamiento alguno.

Prevalencia total promedio por tratamiento y calibre

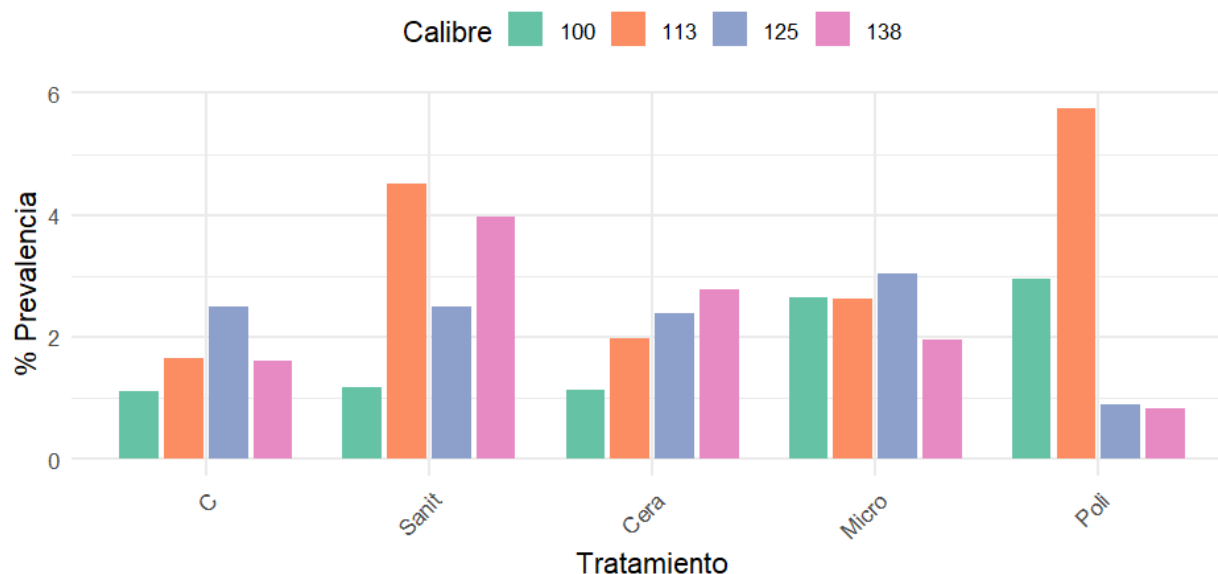


Figura 12. Porcentaje de prevalencia de patógenos en el total de limones de cada tratamiento y calibre.

Con respecto al seguimiento de porcentaje de prevalencia de las enfermedades en limón, se observaron resultados interesantes. El moho verde fue observado en mayor cantidad entre la segunda y tercera semana o momento en los 4 calibres, destacándose en calibres 100 y 113 (Figura 13). La podredumbre marrón con un máximo en la tercera semana y de forma variada entre los distintos calibres (Figura 14), y, otro máximo para calibre 113 en quinta semana y 138 en sexta semana de seguimiento. En cuanto a la podredumbre peduncular, aparece en la segunda semana, presentando dos máximos en calibres 100 y 113 (semana 3 y semana 6), y calibre 125 con un solo máximo hacia semana 5 (Figura 15). La podredumbre amarga fue registrada en poca cantidad, principalmente durante las primeras semanas de la experiencia y ausente en calibre 100 (Figura



16). En el caso de enfermedades estéticas como la mancha negra y antracnosis, la mayoría de los casos se detectaron en el primer momento de la toma de datos, salvo excepciones (Figuras 17 y 18).

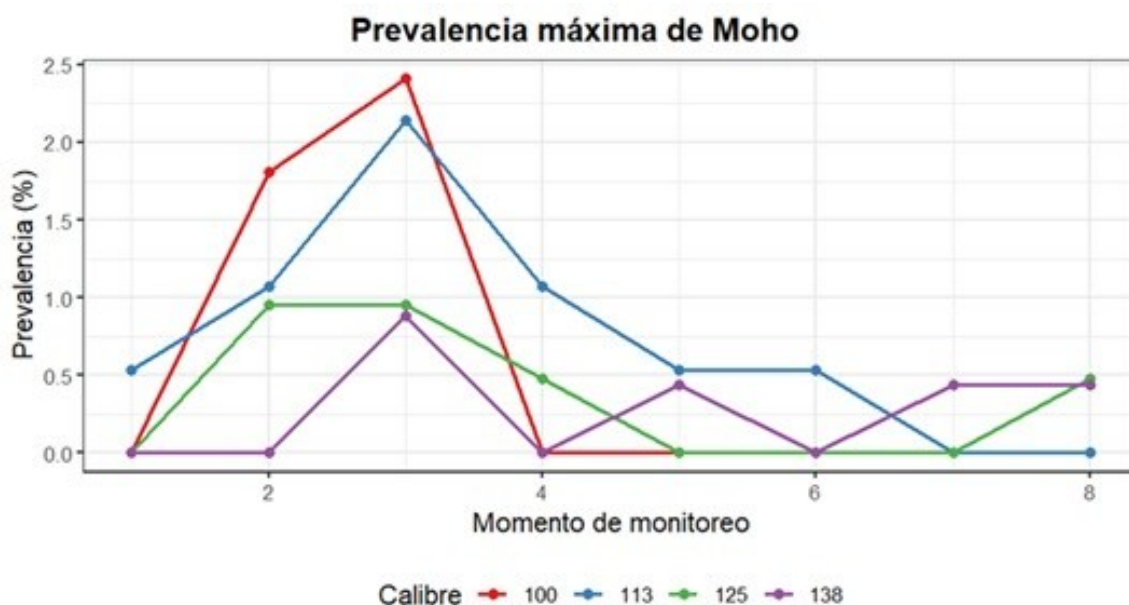


Figura 13. Porcentaje de prevalencia de moho verde en los distintos calibres a lo largo de las 8 semanas desarrollo de la experiencia.

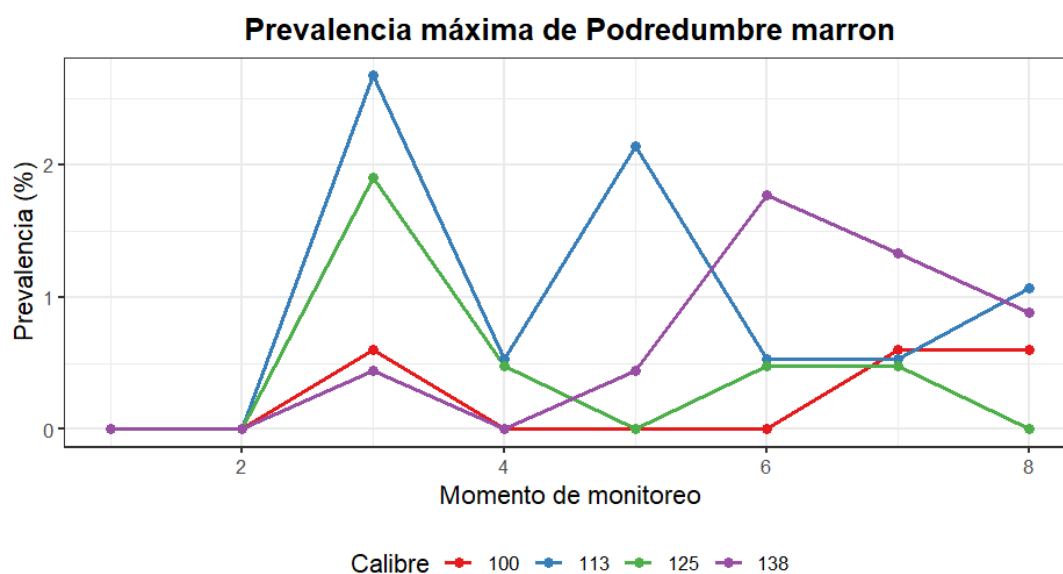




Figura 14. Porcentaje de prevalencia de podredumbre marrón en los distintos calibres, a lo largo de las 8 semanas del desarrollo de la experiencia.

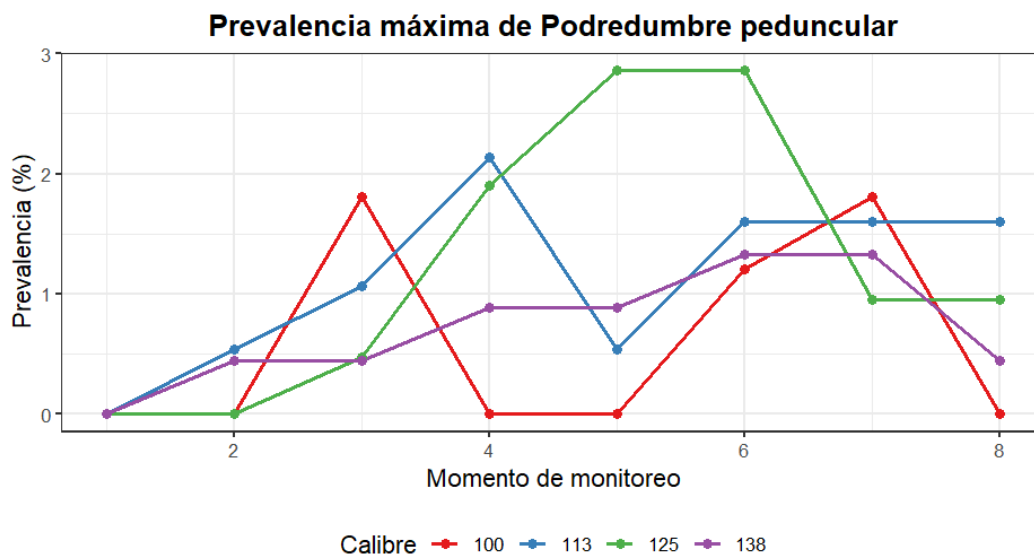


Figura 15. Porcentaje de prevalencia de podredumbre peduncular en los distintos calibres a lo largo de las 8 semanas del desarrollo de la experiencia.

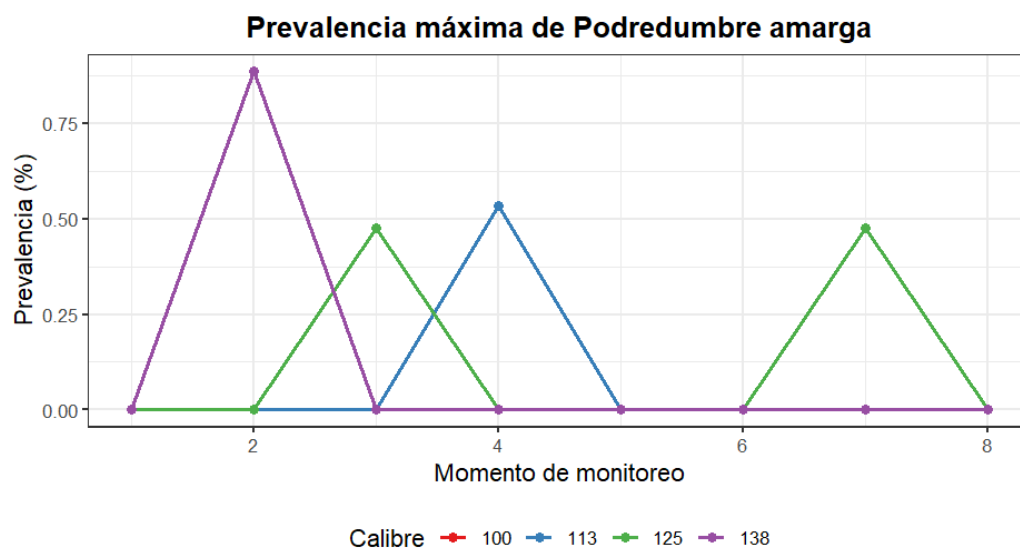


Figura 16. Porcentaje de prevalencia de podredumbre amarga en los distintos calibres a lo largo de las 8 semanas del desarrollo de la experiencia,

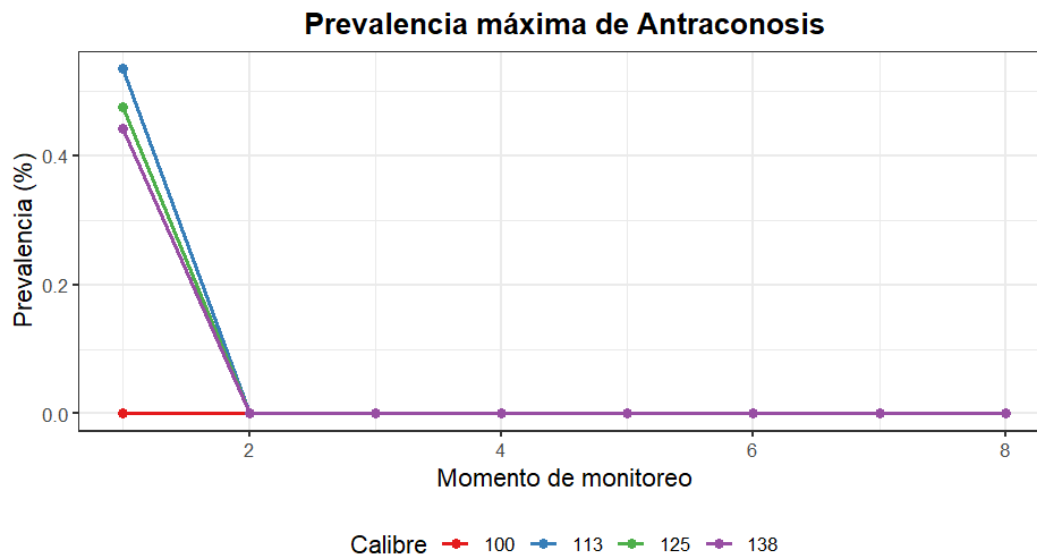


Figura 17. Porcentaje de prevalencia de antracnosis en los distintos calibres a lo largo de las 8 semanas del desarrollo de la experiencia.

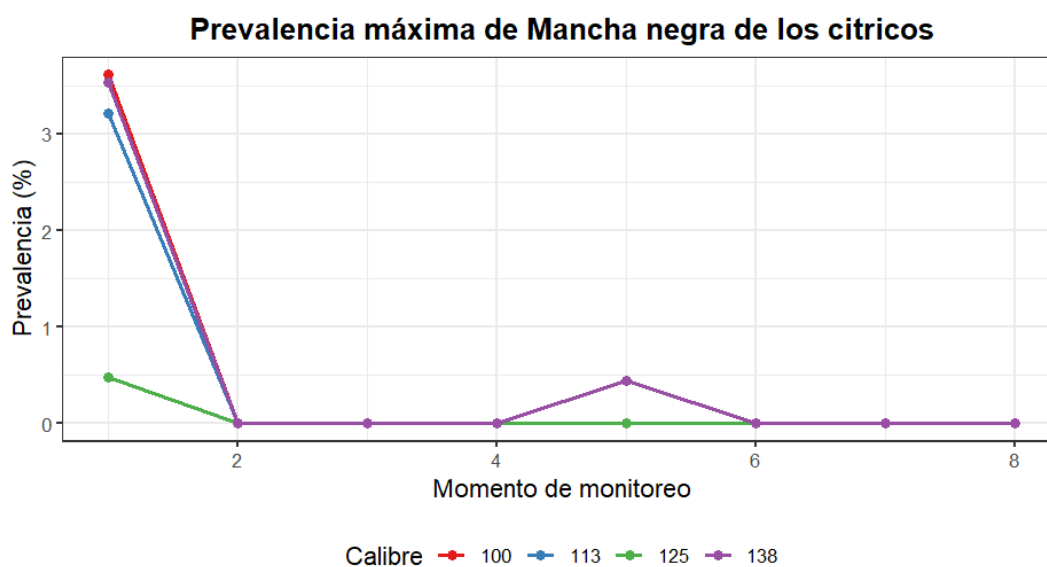


Figura 18. Porcentaje de prevalencia de mancha negra de los cítricos en los distintos calibres a lo largo de las 8 semanas del desarrollo de la experiencia.

En síntesis, la figura 19 muestra en un mapa de calor una síntesis de prevalencia según momento, calibre y tratamiento. Es clave observar que el tratamiento campo control presentó la menor prevalencia de enfermedades comparados con el resto de los tratamientos de poscosecha y en los diferentes calibres. No hay un patrón claro de infestación, pero puede observarse que los mayores

porcentajes variaron según calibre. En calibre 100, mayor infestación por polifenoles en momento 1 seguido por microorganismos en momento 2 y por cera en momento 3. En calibre 113 también resalta polifenoles en momento 1, seguido de sanitizado en momento 3. En calibre 125 los porcentajes de prevalencia fueron bajos y en calibre 138, la mayor intensidad de infestación ocurrió en primer momento del tratamiento sanitizado.

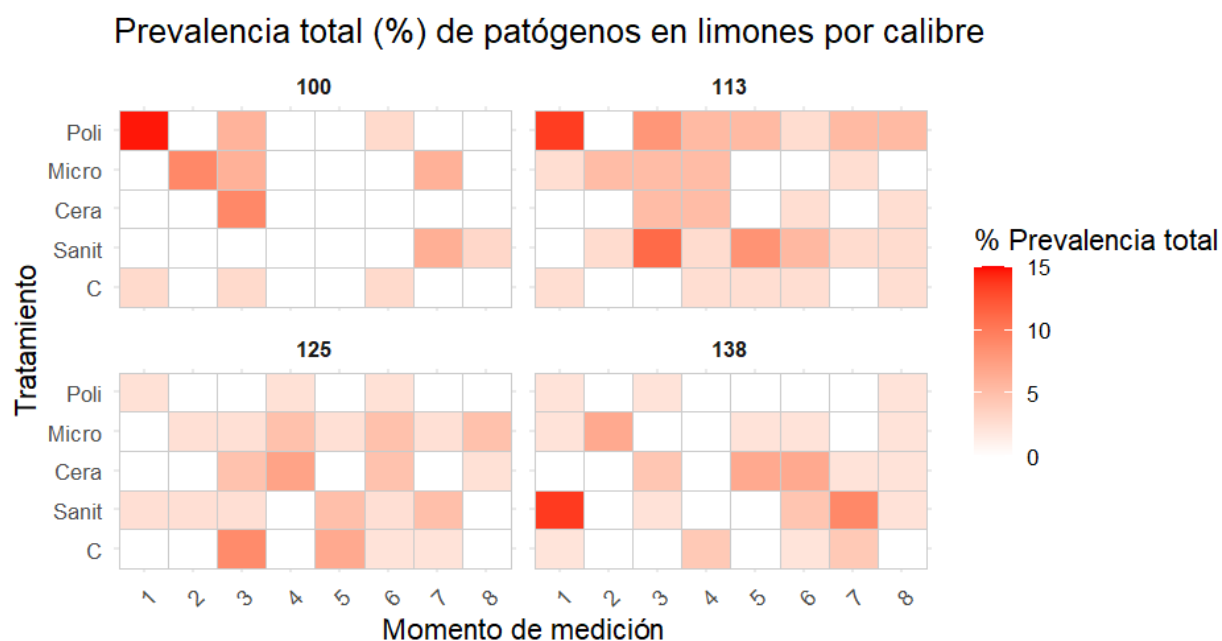


Figura 19. Mapa de calor del porcentaje de prevalencia total en cada momento, según tratamiento y calibre.

Evaluación de la pérdida de peso

La tabla 3 señala que la mayor pérdida de peso promedio ocurrió en el calibre 138 sanitizado y la menor pérdida promedio en calibre 113 campo. Se observó mayor pérdida de peso en el calibre 138 en todos los tratamientos y en general se detectó menor pérdida de peso en el tratamiento control (campo) en todos los calibres.

Tabla 3. Promedios y desvíos estándar de combinaciones de calibres y tratamientos para seguimiento individual de limones. Referencias: Tratamientos: C (campo), S (sanitizado), Ce (sanitizado + cera), M (sanitizado + microorganismos), P (sanitizado + polifenoles):

Calibre	Tratamiento	Cantidad de limones	Promedio porcentual de pérdida de peso (%)	Desvío estándar porcentual de pérdida de peso (%)
---------	-------------	---------------------	--	---

100	C	32	17.141	3.611
100	S	32	23.072	4.628
100	Ce	30	21.071	2.313
100	M	26	21.719	4.469
100	P	32	20.798	2.916
113	C	36	15.163	2.503
113	S	26	19.429	3.916
113	Ce	36	18.630	3.771
113	M	32	18.734	2.990
113	P	27	19.124	2.838
125	C	36	15.975	3.701
125	S	33	20.605	5.714
125	Ce	35	19.077	2.064
125	M	35	19.547	3.842
125	P	41	20.798	3.216
138	C	44	18.963	3.373
138	S	41	25.236	4.893
138	Ce	42	23.000	2.684
138	M	40	22.669	3.944
138	P	43	24.820	3.133

Resulta interesante mostrar mediante gráficos de seguimiento temporal el comportamiento individual de cada limón según el calibre mediante el uso de gráficos denominados espagueti (figuras 20 a 23). Los limones de los calibres 100, 113 y 125 bajan mayormente de peso en la semana 3, mientras que el calibre 138, en la semana 4. Se observó mayor variabilidad de pérdida de peso entre limones dentro de un mismo calibre a partir de la semana 6 señalando de alguna manera que hay limones que pueden sobrevivir o presentar mejores caracteres biológicos que otros, aunque pareciera que mayores diferencias entre limones se observó en calibre 100. En general se observó que el tratamiento con cera presentó las menores pérdidas de peso por deshidratación, aunque casi sin diferencia con el tratamiento control proveniente de campo, independientemente del calibre. En todos los calibres se detectó que la menor pérdida de peso se produjo en los tratamientos cera y campo, aunque a partir de la semana 5 o 6 las pérdidas fueron similares en calibres 100 y 113 pero menor pérdida en campo comparada con cera en los calibres 125 y 138. Con respecto a tratamientos biotecnológicos, en los calibres 100 y 113 se perdieron mayor pérdida de peso de igual manera a lo largo de los momentos analizados entre polifenoles y microorganismos; aunque fue mayor en polifenoles comparados con microorganismos para los calibres 125 y 138.

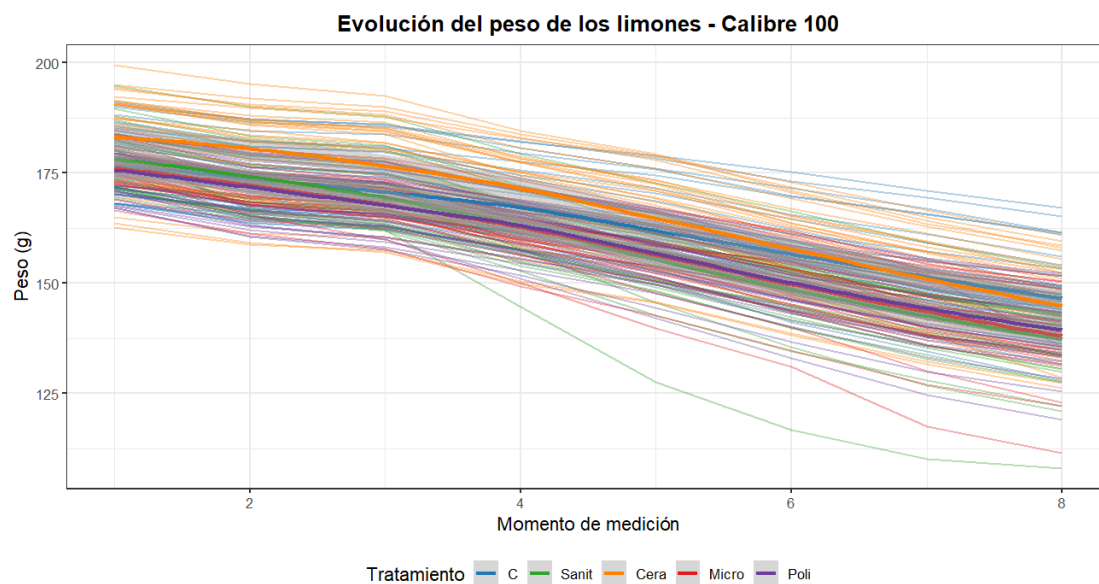


Figura 20. Evolución temporal del peso de la fruta calibre 100.

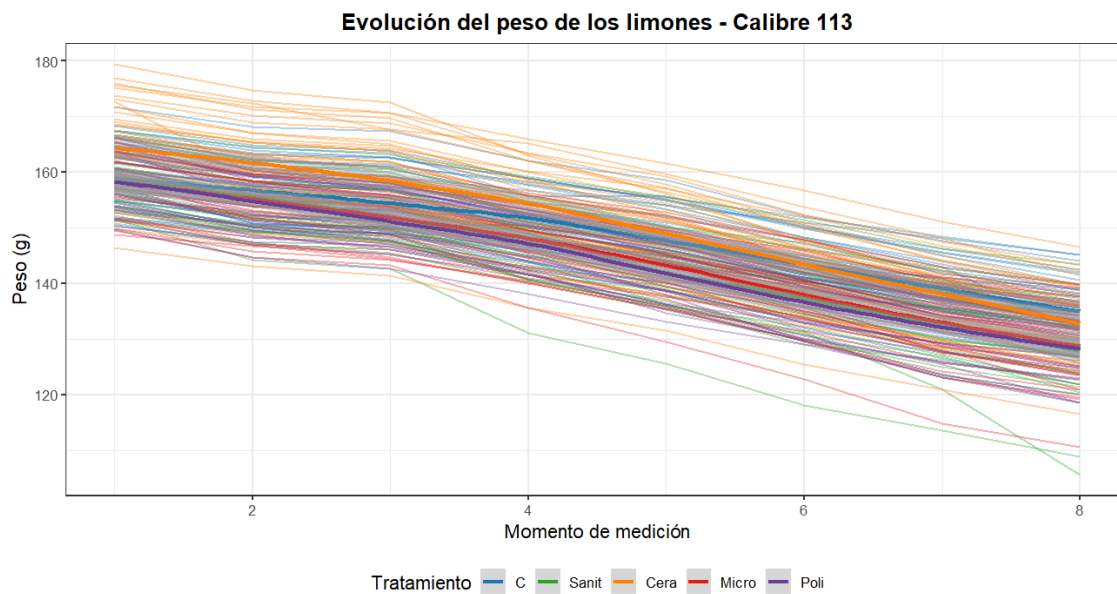


Figura 21. Evolución temporal del peso de la fruta calibre 113.

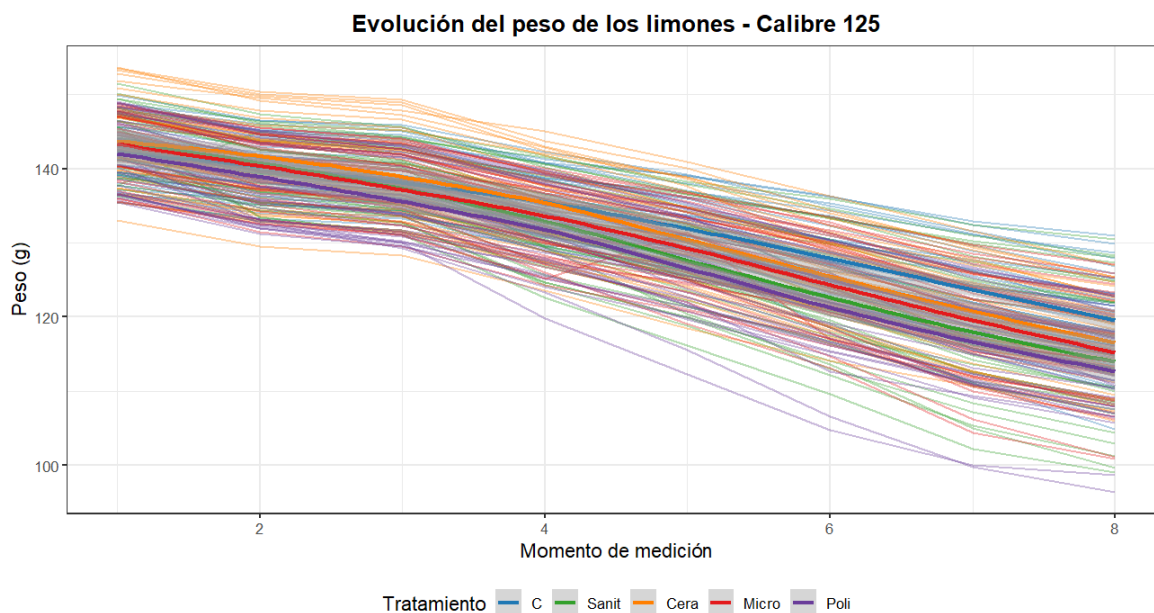


Figura 22. Evolución temporal del peso de la fruta calibre 125.

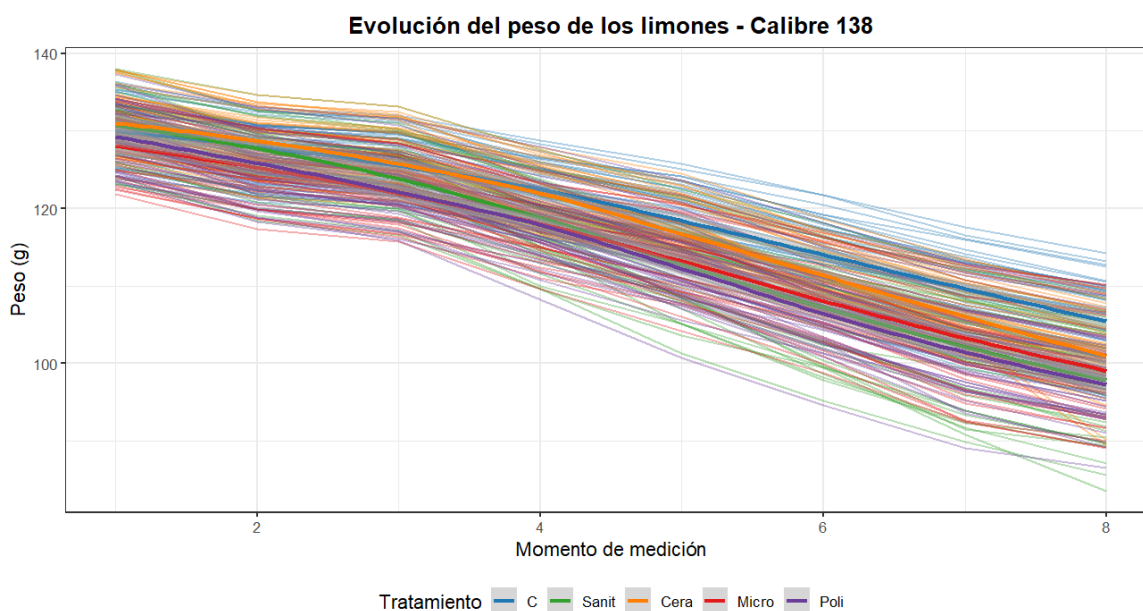


Figura 23. Evolución temporal del peso de la fruta calibre 138.

Se realizó un mapa de calor donde se detecta el porcentaje promedio de pérdida de peso según la intensidad del color en la combinación calibre y tratamiento. La mayor pérdida de peso promedio fue en sanitizados y polifenoles del calibre 138 y menor pérdida de peso en calibres 113 y 126 independiente del tratamiento (figura 24).

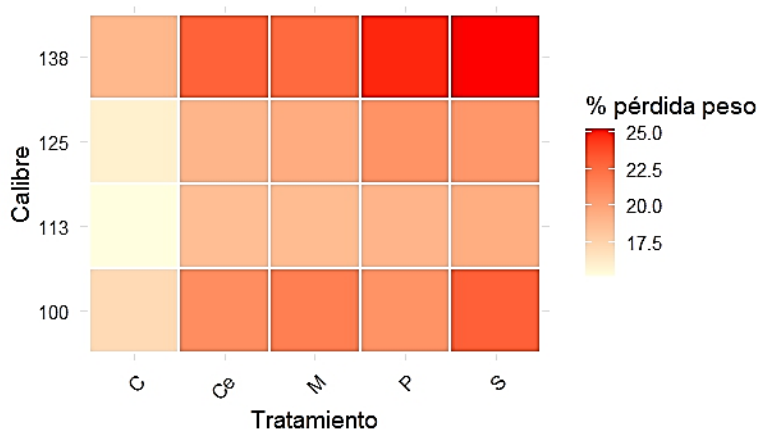


Figura 24: Mapa de calor que mide el porcentaje de pérdida de peso según combinación de calibre y tratamiento.

La figura 25 corresponde a mapa de calor que muestra el comportamiento del peso promedio por combinación de momento y tratamiento para cada uno de los cuatro calibres. Para interpretar la figura 25 hay que observar el comportamiento de cada fila que señala los momentos de seguimiento. Los de mayor peso correspondieron a los limones de calibre 100 pero se observa que independiente del tratamiento, pareciera que llegan hacia un mismo peso promedio al final en los diferentes tratamientos (semana 8). El mismo patrón se observa en los otros calibres, aunque cada uno de ellos tiene un rango de peso que disminuye desde el calibre 100 hacia el calibre 138.

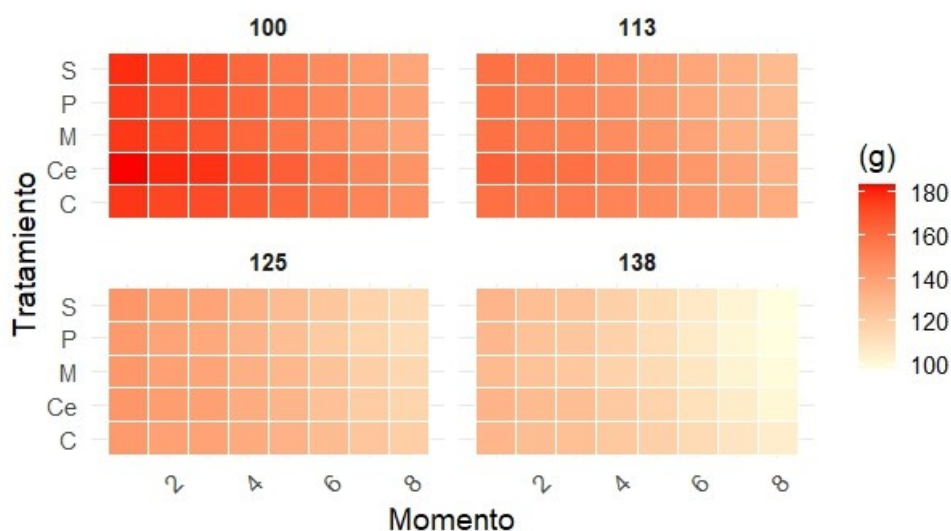


Figura 25: Mapa de calor que mide el peso promedio según combinación de momento y tratamiento.

CONCLUSIONES FINALES

Con esta Práctica Profesional Supervisada se lograron aportes tanto a mi entrenamiento personal como resultados relevantes para la empresa Agrobio SAS que se detallan a continuación.

1.- Resultados relevantes: con respecto a la pérdida de peso, la fruta de campo mostró una retención promedio de peso relativamente alta, incluso llegando a ser mayor que en el tratamiento con cera. Esto podría suceder porque habría fallas o contaminación entre frutos al momento de utilizar los sanitizantes, previo a todo tratamiento que no sea campo. Por lo cual, la empresa, a partir de estos resultados, podrá proveer de propuestas de manejo a los responsables de la planta de empaque.

2.- En cuanto a las enfermedades registradas. La aparición desde el momento 1 de síntomas asociados a la antracnosis y la mancha negra de los cítricos, es propia de enfermedades de campo, puesto que se manifiestan superficialmente y sin desarrollarse durante la postcosecha. Era de esperar que haya una mayor presencia de la mancha negra en limones de campo, puesto que estos no pasaron por el proceso de descarte; aunque también se la halló en tratamientos como microorganismos y polifenoles, posiblemente por fallas en la detección por parte de los operarios. En contraste, los patógenos asociados a poscosecha que más estuvieron presentes fueron las podredumbres peduncular y marrón, el moho verde y ocasionalmente la podredumbre amarga. Pareciera haber una tendencia a la reducción de la prevalencia de enfermedades en calibres de menor tamaño y el grupo tratado con microorganismos mostro altos porcentajes de prevalencia que podría deberse a una interacción negativa entre el sanitizante del hidro inmersor y el consorcio microbiano empleado. Es notable también, como el tratamiento con cera, parece tener el mismo efecto que los limones de campo; posibles causas serían daños mecánicos a lo largo del proceso, la humedad a la que son expuestos y la carga de materia orgánica en el hidro inmersor, son factores que pueden aumentar la carga biótica en la fruta (Singh, 2024). Con estos resultados, la empresa podrá realizar consideraciones hacia la planta de empaque como tener en cuenta el cambio más continuo del agua en el hidro inmersor.

CONSIDERACIONES PARA LA EMPRESA

1.- Se implementó un método innovador para tomar muestras que sean representativas en el proceso de poscosecha, así que este trabajo realizó una propuesta que consistió en tomar como muestra el equivalente al 33% del peso de un cajón de fruta de exportación y luego se cuantificó la cantidad de limones, según calibre, que corresponde a ese 33% de peso. De esta forma, queda como un antecedente exploratorio que puede ser replicado para futuras experiencias.

2.- Este trabajo aportó para la empresa Agrobio SAS, la posibilidad novedosa de un seguimiento temporal de exportación de limones a escala real (8 semanas) junto con la aplicación de tecnologías no convencionales para el mantenimiento de limones (polifenoles y consorcio microbiano).

3.- Los resultados de esta experiencia le permiten a la empresa Agrobio SAS poder hacer recomendaciones a la planta de empaque acerca de las condiciones de sanitización.

APRECIACIONES PERSONALES

Esta práctica profesional surge como una de las primeras en la Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán, en la que la asociación se hace entre una empresa privada y una institución educativa superior pública. He podido desarrollar mis habilidades aprendidas en la carrera de grado en Ciencias Biológicas, conociendo otros puntos de vista con profesionales de otras ramas de la ciencia, como lo es la agronomía, y escuchando las necesidades del sector productivo. De esta forma he ampliado el horizonte de mis competencias en el rol de biólogo, pudiendo hacer ciencia aplicada en un contexto real de la cadena de producción.

Gracias a la directora del trabajo aportó a mi formación tanto al procedimiento de extracción de muestras representativas, como al diseño del seguimiento de limones y al aprendizaje de técnicas para análisis de datos, en particular el uso de software R, Python con apoyo de Inteligencia Artificial.

También a través del Co director de este trabajo, recibí entrenamiento en la identificación de síntomas asociadas a enfermedades provenientes de campo y poscosecha en limones de Tucumán. Al mismo tiempo ofreció la oportunidad de trabajar en una planta de empaque poscosecha de frutos frescos ofreciendo todo el apoyo logístico y el acompañamiento en todas las mediciones realizadas.

Particularmente, he de destacar la importancia de trabajos como este, puesto que son un nexo entre el sector público y privado, que acerca a las instituciones para dar respuestas a problemáticas productivas que no suelen involucrar a la perspectiva del biólogo.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Naturales e IML y a su plantel docente y no docente: Por proveer de un espacio rico en oportunidades y conocimientos accesible para todos; y que invita al debate e intercambio de ideas en pos del avance de la ciencia argentina.

Al señor Hugo Norberto Esparza, por abrirnos las puertas de su empaque y recibirnos con la mayor de las cordialidades; atendiendo nuestras dudas y proveyendo de cuánto apoyo logístico pudiese.

A mi directora, la Dra. Mariela Alderete. Por brindarme la oportunidad de desarrollar éste proyecto, brindarme las herramientas para mi desarrollo como futuro profesional, inspirarme con su contagioso entusiasmo y por sobre todo, mostrarme la importancia de que el biólogo realice una devolución de sus conocimientos para atender las necesidades de la sociedad.

A mi codirector, el Ing. Martín Terán. Por su apoyo logístico, intelectual y una gran paciencia; enseñándome cómo pueden complementarse las visiones de la biología con la agronomía, que muchas veces parecen tirar para lados contrarios; y por sobre todo, a cuestionar lo que damos por sentado, siempre buscando la reinvención.

A mis padres, hermanos y amigos cercanos. Que desde la distancia supieron proveer del apoyo, tanto material como emocional, en estos años de mi formación. Por inspirarme a mantenerme recto en mi senda y estar a mi lado en el transcurso de ella, de principio a fin. Gracias infinitas y espero poder devolver todo ese apoyo ahora como profesional.

Bibliografía consultada

- Ballester AR, Izquierdo A, Lafuente MT y González-Candelas L. (2010). Biochemical and molecular characterization of induced resistance against *Penicillium digitatum* in citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 56 (1): 31 - 38.
- Batuman, O., Ritenour, M., Vicent, A., Li, H., Hyun, J. W., Catara, V., y Cano, L. M. (2020). *Diseases caused by fungi and oomycetes. The Genus Citrus*, (pp. 349-369.) <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00017-6>
- Carbajo Romero, M. S., Aguirre, C. M., Farias, M. F., y Torres Leal, G. J. (2019). *El cultivo de limón: fenología y principales enfermedades en Tucumán*. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA.
- D'Aquino S., Angioni A., Suming D., Palma A. y Schirra M. (2013). Residue levels, persistence and effectiveness of imazalil against a resistant strain of *Penicillium digitatum* when applied in combination with heat and sodium bicarbonate. *Commun Agric Appl Biol Sci*. 78 (2): 139 - 149.
- Di Masi, S., Aguirre, M. R. A., Carbajo, M. S., Carrizo, B., Peralta, C., Lombardo, E., Hochmaier, V., y Vazquez, D. (2022). *Plagas y enfermedades en los cultivos cítricos* (Módulo 2). INTA-PROCADIS / FONTAGRO. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/13930/INTA_CIEP_DiMasi_S_Plagas%20y%20enfermedades%20en%20los%20cultivos%20c%3adtricos_m2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- FEDERCITRUS. Federación Argentina del Citrus (2018). Actividad citrícola 2018. <http://www.federcitrus.org/wp-content/uploads/2018/05/Actividad-Citricola-2018.pdf>
- Ferrero, L. M. M., Wheeler, J., Dinatale, G. E., Falasca, S. L., y Piro, M. F. (2022). Water footprint and economic water productivity of Italian lemon production. *Science of the Total Environment*, 806(Part 4)
- Fogliata G., Acosta M., Martínez V. y Muñoz M. (2016). Manejo de la podredumbre amarga de los cítricos (*Galactomyces citri-aurantii*) en limón. *Avance Agroindustrial* 37 (1): 32 - 36. <https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2018/12/37-1-5.pdf>

- Fogliata, G. M., Martínez, C. V., Acosta, M. E., Muñoz, M. L., y Ploper, L. D. (2018). Identificación de *Fusarium oxysporum* como agente causal de la podredumbre del pedúnculo de limón en Tucumán (Argentina) y su control. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 95(2), 15-24. eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2019/03/95-2-5-ok.pdf
- Food and Agriculture Organization y World Health Organization. (1999). *Norma para la Lima-Limón (CODEX STAN 213-1999)*. Codex Alimentarius Commission. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1?url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B213-1999%252FCXS_213s.pdf
- François, G. A., de Moraes Pontes, J. G., Pereira, A. K., y Fill, T. P. (2022). *Exploring the Citrus Sour Rot pathogen: Biochemical aspects, virulence factors, and strategies for disease management-a review*. *Fungal Biology Reviews*, 41. pp. 70 - 83. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2022.03.003>
- Landa, R. I. 2014. *Análisis de la producción y comercialización del limón en Argentina*. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Recuperado de <https://files.core.ac.uk/download/pdf/32621222.pdf>
- Molina, N., Ramírez, A., Gochez, A., Lombardo, E. (2018). *Economía del limón en el nordeste argentino en la campaña 2018: Competitividad de la cadena, situación del mercado y costos de producción. Ira. Edición*. - Publicación EEA Bella Vista. Serie Técnica N.º 63. 2018. 29 pp.
- Olmedo, G. (2017). *Acción antifúngica de compuestos químicos sobre hongos fitopatógenos que afectan frutos de interés regional*. Tesis Doctoral para el Grado de Doctora en Cs. Biológicas. Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia (UNT). <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/93414>
- Palacios, J. (2005). Factores que hacen a la producción y calidad. *Citricultura*, 12, 259–310. Buenos Aires: Editorial Alfa Beta.
- Sánchez, E. E. (2020). Programa Nacional Frutales. Superficie ocupada por plantaciones frutales en el país y cambios en su estructura productiva. Buenos Aires: Ediciones INTA, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, 2020. 25 pp. Recuperado de:

https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/7906/INTA_CRBsAsSur_EEABalcarce_Sanchez_EE_Programa_Nacional_Frtales.pdf?sequence=1

- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2018). *Manual: Planta de Empaque — Programa de Certificación de Fruta Fresca Cítrica para Exportación*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Disponible en argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/09/4._manual_planta_de_empaque.pdf
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2018). *Manual: Inspector de Empaque — Programa de Certificación de Fruta Fresca Cítrica para Exportación*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Disponible en argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/09/3._manual_inspector_de_empaque.pdf
- SimpleMaps. (2025). *Free Argentina GIS Map Files | Resources*. <https://simplemaps.com/gis/country/ar>.
- Singh, S. P. (2024). *Citrus microbial food safety – Best practice guide*. New South Wales Department of Primary Industries. Disponible en https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0006/1546242/Citrus-microbial-food-safety-best-practice-guide-web.pdf
- Stein, B. 2007. La industria cítrica en la región del noroeste argentino. En Willink, E., Moscas de los frutos y su relevancia cuarentenaria en la citricultura del noroeste de Argentina. Once años de investigaciones 1996-2007. San Miguel de Tucumán EEAOC, 1, 1 - 3. eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2018/11/mdlfl1.pdf
- Subsecretaría de Programación Microeconómica. (2025, agosto). *Informes de Cadenas de Valor – Limón. Año 10 N° 84*. Dirección Nacional de Estudios Regionales y de Cadenas de Valor, Secretaría de Política Económica, Ministerio de Hacienda de la Nación. ISSN 2525-0221. argentina.gob.ar/sites/default/files/cadena_de_valor_-_limon_-_2025.pdf.
- Wikee, S., Udayanga, D., Crous, P. W., Chukeatirote, E., McKenzie, E. H., Bahkali, A. H., y Hyde, K. D. (2011). Phyllosticta—an overview of current status of species recognition. *Fungal Diversity*, 51, 43-61. <https://doi.org/10.1007/s13225-011-0146-5>.

Anexo

Anexo 1.

Figura 26: A) Bines con fruta de campo. B) Zona de empaque. C) Pallets con cajas de fruta lista para comercializar. D) Cajas sin ensamblar y estación para control de SENASA. E) Balanza de para camiones de carga de bines.



A



B



C



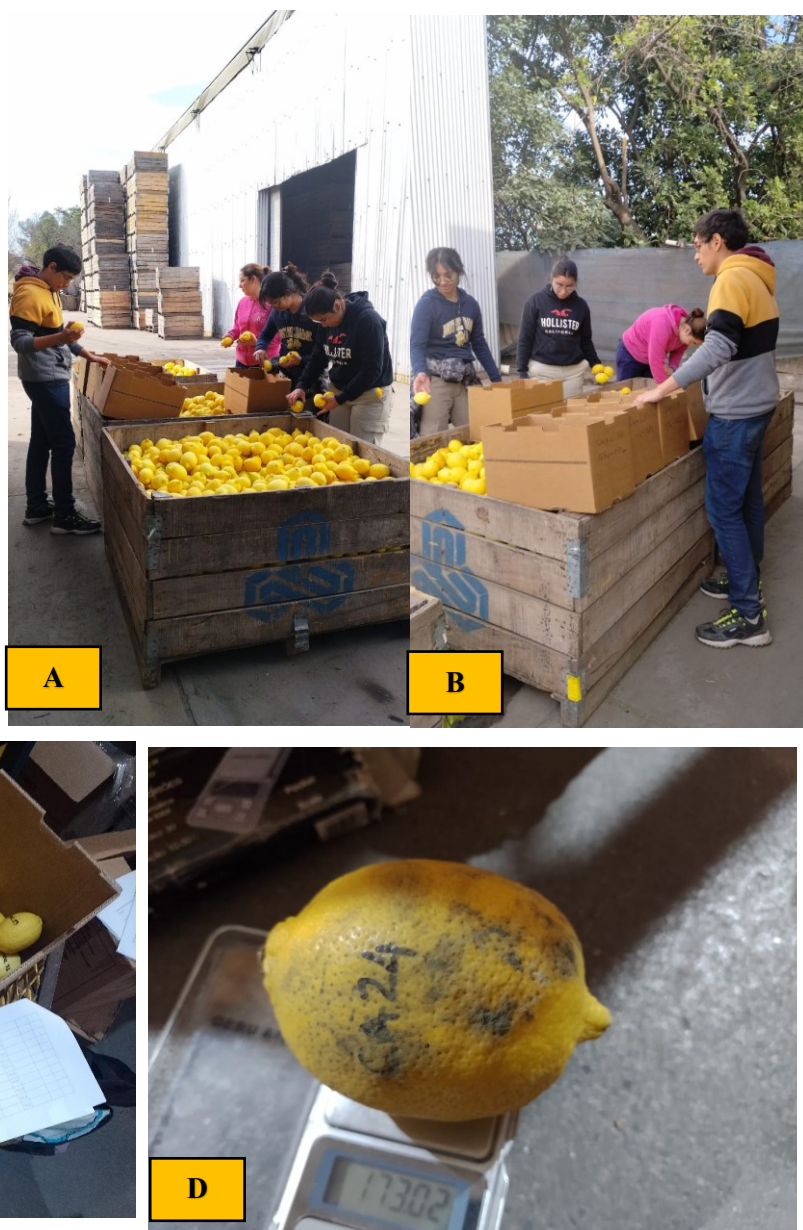
D



E

Anexo 2.

Figura 27: A y B) Toma de muestras de campo. C) Monitoreo individual de la fruta. D) Pesaje individual de limón.



Anexo 3.

Figura 28: A) Limón en condición de exportación. B, C y D) Limones con podredumbre.

