

# Sistemas intensivos sustentables

## Tecnologías para su manejo

Susana Beatriz Martínez, Mariana Garbi  
y María Lucrecia Puig (coordinadoras)

**n**  
**naturales**

FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

  
edulp  
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

# **SISTEMAS INTENSIVOS SUSTENTABLES: TECNOLOGÍAS PARA SU MANEJO**

Susana Beatriz Martínez, Mariana Garbi,  
María Lucrecia Puig  
(coordinadoras)

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



*A los estudiantes y jóvenes egresados de las Ciencias Agrarias: siempre es un esfuerzo volcar en un texto lo que hemos aprendido, y llegar a todos con claridad y fundamentos sólidos, que logren disparar el pensamiento crítico que se busca en las aulas, este libro pretende despertar la curiosidad y generar un debate interno que les permita llegar a sus propias conclusiones, esperamos lo disfruten.*

## Agradecimientos

A todos los docentes de las Asignaturas involucradas, de la UNLP y la UNNOBA, profesionales de otras Instituciones, profesionales y productores que hicieron un aporte cuya mirada ha enriquecido este libro.

# Índice

<b>Introducción .....</b>	7
<b>Capítulo 1</b>	
Aportes del mejoramiento genético y la biotecnología .....	12
<i>Vilma Luciana Saldúa</i>	
<b>Capítulo 2</b>	
Herramientas para el manejo sustentable de la producción bajo cubierta .....	23
<i>Luciana A. Dell'Arciprete Giglio, María Lucrecia Puig</i>	
<b>Capítulo 3</b>	
Rol de las plantas y del suelo en la producción de hortalizas sanas .....	45
<i>Delfina V. Guaymasí, Marco D'Amico, María Eugenia Sánchez de la Torre</i>	
<b>Capítulo 4</b>	
Fitohormonas como inductora de la resistencia frente a nematodos .....	62
<i>Susana Martínez, Daniel Giménez</i>	
<b>Capítulo 5</b>	
Descripción morfológica, anatómica e histoquímica como herramienta eficaz para la correcta aplicación de fitosanitarios .....	75
<i>Alejandra Victoria Carbone, Marcelo Paulo Hernández</i>	
<b>Capítulo 6</b>	
Labranza cero en la producción de hortalizas pesadas .....	93
<i>Juan Pablo D'Amico, Patricio Varela</i>	
<b>Capítulo 7</b>	
Sistemas hidropónicos y sustratos en el Cinturón Hortícola Platense: Historia y actualidad.....	103
<i>Walter Chale</i>	

**Capítulo 8**

- Experiencias de diversificación productiva en el noroeste de la provincia de Buenos Aires ..... 113  
*Riccetti Adriana, Villena Gonzalo, Jose pomes, María Agustina Masi, Carlos Zanek,  
Walter Chale, Susana Martinez*

**Capítulo 9**

- Producciones Frutícolas sustentables. Herramientas para el manejo del huerto  
frutal sustentable ..... 130  
*Gabriela Morelli, Mariana Florio*

**Capítulo 10**

- Evaluación de la calidad de frutos en producciones intensivas. Caso cultivo Arándanos ..... 149  
*María Pincioli*

- Los Autores** ..... 165

# Introducción

En la Argentina se destinan anualmente unas 600.000 ha a la horticultura, alcanzándose un volumen de producción de aproximadamente 10,5 millones de toneladas, lo que representa el 11 % del producto bruto agrícola del país (Galmarini, 2018). Una parte importante de la producción se lleva adelante en áreas periurbanas, en los denominados cinturones verdes, cuyos productos se comercializan para el consumo en fresco de la población que habita las grandes ciudades próximas a ellos, lo que constituye su principal ventaja competitiva. Los establecimientos hortícolas de estas áreas conforman pequeñas o medianas explotaciones (1 a 40 ha), producen una cantidad muy diversa de hortalizas, en general altamente perecederas, con una planificación de la producción que garantice el abastecimiento permanente del mercado, valiéndose de siembras y cosechas escalonadas (Castagnino *et al.*, 2020).

La provincia de Buenos Aires concentra el 19,7 % de la superficie hortícola total y posee dos cinturones hortícolas de importancia, el Cinturón hortícola del Gran Buenos Aires, que abarca 16.000 ha y el Cinturón hortícola de Mar del Plata, que hacia el 2012 contaba con 9.650 ha cultivadas a campo y 690 ha bajo invernadero (Argerich y Troilo, 2011; González *et al.*, 2017; Daga *et al.*, 2020).

La Plata es uno de los 15 distritos que conforman el cinturón hortícola del Gran Buenos Aires, con aproximadamente 7.000 ha totales y una superficie bajo invernaderos que en estimaciones realizadas al 2016 alcanzaban las 5.462 ha, considerando también los partidos de Florencia Varela y Berazategui (Miranda, 2018). El Cinturón hortícola platense constituye una de las regiones hortícolas más importantes del país, diferenciándose por el número de quintas, cantidad de productores, calidad y cantidad de productos ofertados, competitividad e incorporación de tecnología (García, 2012).

Buenos Aires cuenta también con 10.518 ha de producción frutícola, sobre las 556.522 ha que posee la Argentina; y si bien las condiciones agroclimáticas imperantes en la provincia distan de ser las óptimas para muchas especies, su desarrollo obedece a la cercanía al gran mercado consumidor constituido por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el conurbano bonaerense y la franja que alcanza la ciudad de Rosario (Sozzi, 2007). Entre los productos destacados a nivel provincial, se encuentran: 3.200 ha de duraznero (*Prunus pérسica L.*) y pelón (*Prunus persica L. var. Nectarina*), 1.600 ha de pecán (*Carya illinoiensis* (Wangenh.) K. Koch), 1.468 ha de naranjo (*Citrus x sinensis*) y 400 ha de arándano (*Vaccinium corymbosum*); siendo también importante mencionar al cultivo de kiwi (*Actinidia deliciosa*), que ocupa unas 950 ha a nivel nacional, concentrándose el 90 % de su producción en la provincia de Buenos Aires (Sánchez, 2020). Entre

estos productos, adquiere especial relevancia el arándano, dado que Argentina es el sexto país exportador a nivel mundial, comercializándose 14.500 tn a 22 destinos diferentes, participando la producción bonaerense con un 16 % del total de estas exportaciones (Agencia Argentina de Inversiones y Comercio Internacional, 2017).

En el área de influencia de La Plata, estas producciones de tipo intensivo se desarrollan mayoritariamente en espacios del periurbanos, donde se generan intensos conflictos de interés entre las actividades productivas primarias y la urbanización, conjugándose numerosas problemáticas y cuestiones ambientales asociadas con la heterogeneidad de actividades y multiplicidad de actores involucrados (Barsky, 2012; Daga, *et al.*, 2020). En este contexto, no debe subestimarse la importancia económica de estos sectores productivos como abastecedores de alimentos a los pobladores de las ciudades (Rivas, 2010); productos que además, por proximidad geográfica, pueden llegar al consumidor con una calidad intrínseca superior por su mayor frescura, y con menor costo de flete (Castagnino *et al.*, 2020). En este sentido, los mismos autores sostienen que el desafío actual consiste en potenciar las producciones locales o regionales, denominadas “kilómetro 0”.

Sin embargo, también es preciso trabajar en pos de la sustentabilidad de estos sistemas, entendiendo por tal a “*...la producción de bienes y servicios, donde se satisfagan las necesidades humanas y se garantice una mejor calidad de vida a la población en general, con tecnologías limpias en una relación no destructiva con la naturaleza, en la cual la ciudadanía participe de las decisiones del proceso de desarrollo, fortaleciendo las condiciones del medio ambiente y aprovechando los recursos naturales, dentro de los límites de la regeneración y el crecimiento natural.*” (Ávila, 2018, p. 422).

Así, tomando como premisa que entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible promovidos por los Estados Miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en la Agenda fijada hacia 2030, se encuentra el promover una agricultura más sostenible y lograr que los asentamientos humanos sean seguros, inclusivos y resilientes (ONU, 2015), y considerando algunas de las problemáticas que se presentan en la mayoría de los cinturones verdes del país, entre las que Castagnino *et al.* (2020) mencionan: la necesidad de minimizar la presencia de contaminantes, tanto microbiológicos como químicos en napas freáticas y productos cosechados y optimizar la mecanización acorde a la escala y posibilidades de financiamiento; este libro pretende aportar herramientas que contribuyan a la transición de los sistemas de producción intensiva hacia formas de trabajo más cuidadosas del ambiente, seguras para los trabajadores y para la población en general, como aspectos necesarios para el mejoramiento de la calidad de vida.

Esta publicación, destinada a estudiantes de grado de la carrera de Ingeniería agronómica y disciplinas afines, tiene como antecedente el libro “Producción hortícola periurbana: aspectos técnicos y laborales” (EDULP: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120969>), que brindó un marco general de la actividad intensiva en el cinturón hortícola platense señalando, entre otros temas, problemáticas relacionadas al uso intensivo de los recursos. Esta obra da continuidad a la anterior, desarrollando conceptos de la morfología vegetal, genética y mejoramiento y biodiversidad que contribuyen a la sanidad de cultivos, así como técnicas culturales relacionadas al

uso de bioinsumos, mecanización de labores y sistemas de producción sin suelo, como elementos que pueden aportar a la sustentabilidad de los sistemas y mejora de las condiciones laborales. Asimismo, dedica un espacio a la actividad frutícola, focalizando en aspectos productivos locales, con la incorporación de prácticas de manejo actuales y concordantes con las nuevas necesidades productivas.

Respalda esta publicación un largo camino iniciado en 1994, cuando en el marco de proyectos de investigación que se han sucedido desde entonces, se iniciaron estudios en cultivos protegidos, con foco en el ambiente interno de los invernaderos y su incidencia sobre los cultivos, principalmente tomate (*Solanum lycopersicum*), junto a prácticas culturales innovadoras tendientes a incrementar la calidad y el rendimiento de la producción. Los primeros ensayos se desarrollaron en la Estación Experimental de Gorina (Convenio FCAYF, UNLP – Estación Experimental de Gorina, M.A.A. Dirección de desarrollo agrícola), hoy perteneciente al Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires, continuando luego en la Quinta Demostrativa “El Parque”, de Vicente Di Camilo y Rodolfo Gentile, ubicada en la localidad de Abasto. El proyecto inicial fue conformado desde los cursos de Climatología y Fenología Agrícola, Genética y Horticultura y Floricultura, incorporándose Fisiología Vegetal a partir del 2000, cuando tuvo origen el proyecto en Bioclimatología de cultivos protegidos, que con sucesivas actualizaciones fue englobando todas las actividades desarrolladas hasta la actualidad. Así, se investigó la respuesta del crecimiento y desarrollo de plantines hortícolas bajo distintas condiciones ambientales y su repercusión sobre la precocidad, la productividad y la calidad de los productos obtenidos. Luego, los estudios se enfocaron en la evaluación del efecto combinado de las variables climáticas y prácticas culturales como laboreo del suelo, raleo de frutos, aplicación de hormonas y la utilización de portainjertos, con el fin de mejorar la homogeneidad en los frutos obtenidos. Como resultados, se verificó la utilidad de la incorporación del subsolado a las labores, con la consecuente mejora física del suelo de cultivo y el ajuste de dosis para la aplicación de reguladores hormonales (auxinas) para promover el crecimiento de los frutos. También se realizaron experiencias en el uso de bioestimulantes, como *Trichoderma harzianum* y distintos microorganismos promotores del crecimiento en diversos cultivos, trabajando colaborativamente con otros proyectos de investigación de la UNLP y otras instituciones. Desde hace varios años se trabaja con plantas de tomate injertadas, evaluándose distintas combinaciones pie–copia y formas de conducción de las plantas, estudiando su fenología, respuesta biometeorológica y ecofisiológica, productividad, calidad de frutos. Estos ensayos se han conducido en suelos infestados naturalmente con nemátodos, asociadas a prácticas de manejo y métodos físicos de desinfección del suelo, como la biofumigación, mediante la incorporación de materia orgánica de distinto origen, evaluando también su relación con variables meteorológicas del invernadero. Actualmente, se continúa con este tipo de experiencias, incurriendo también en la utilidad de fitohormonas, particularmente ácido salicílico como elicitor de defensas en las plantas, tanto frente a estreses bióticos como abióticos. La Fruticultura no ha quedado fuera de los planes de trabajo, incorporándose con investigaciones en kiwi, pecán

y arándano, cultivo en el que se realizaron múltiples evaluaciones acerca de la incidencia del ambiente local sobre el crecimiento, producción y calidad de fruto, entre otras experiencias.

De esta manera, los proyectos desarrollados en estos años han reflejado las tendencias y cambios que se fueron dando en las producciones intensivas a nivel mundial y local, siempre con una marcada impronta hacia la experimentación y validación local de técnicas que contribuyen a la sustentabilidad.

Se espera que el trabajo interdisciplinario realizado en los proyectos de investigación, y que se pretende plasmar también en este libro, lo conviertan en un material de estudio y consulta que sirva a los estudiantes de las ciencias agrarias, contribuyendo a su formación que el permita la aplicación de conocimientos con un sentido ecológico y social para la mejora del sistema productivo.

*Mariana Garbi*

*Susana Beatriz Martínez*

## Referencias

- Agencia Argentina de Inversiones y Comercio Internacional. (2017).** Datos del sector frutihortícola de Argentina. Enero 2017. [https://www.inversionycomercio.org.ar/docs/pdf/Datos\\_sector\\_frutihorticola\\_Argentina-Enero\\_2017.pdf](https://www.inversionycomercio.org.ar/docs/pdf/Datos_sector_frutihorticola_Argentina-Enero_2017.pdf).
- Argerich, C.; Troilo, L. Eds. (2011).** Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena de tomate. FAO. Buenos Aires, Argentina. pp. 262.
- Ávila, P.Z. (2018).** La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. Tabula Rasa,28, 409-423.
- Barsky, A. (2012).** La complejidad territorial de la interfase urbano-rural como soporte para el desarrollo de la agricultura periurbana. En: M. Mitidieri y G. Corbino (Eds.), *Manual de horticultura periurbana* (pp. 23-28). San Pedro: Ediciones INTA.
- Castagnino, A.M.; Díaz, K.; Fernández Lozano, J.; Guisolis, A.; Liverotti O.; Rosini, M.B.; Sasale, S. (Ex Aequo). (2020).** Panorama del sector hortícola argentino: 1. Caracterización y prioridades de la horticultura nacional. *Horticultura Argentina*,39, (99), 76-102.
- Daga, D.; Zulaica, L.; Vazquez, P. (2020).** El periurbano de Mar del Plata (Argentina): clasificación digital de los usos del suelo y análisis de las transformaciones en el cinturón hortícola. *Revista Geográfica De América Central*,2, (65), 175-205.
- Galmarini, C. (2018).** Desafíos y oportunidades de la Horticultura. *Horticultura Argentina*,37, (94), 285-286.
- García, M. (2012).** Horticultura de La Plata (Buenos Aires). Modelo productivo irracionalmente exitoso. *Revista Facultad de Agronomía La Plata*,114, 190-201.

- González, M.V.; Diuorno, R.; Caetano, F.; Rattin, J.E. (2017).** Evolución del cinturón hortícola marplatense. Estrategias y logros para la adecuación productiva ante cambios legales. *Revista Facultad de Agronomía La Plata*, 116, 97-106.
- Miranda, M. A. (2018).** Superficie de cultivo bajo cubierta en el Gran La Plata: análisis espacial con sistemas de información geográfica-SIG. En: P. Tittonell y B. Giobellina (Comp.), *PERIURBANO hacia el consenso: ciudad, ambiente y producción de alimentos: propuestas para ordenar el territorio. Resúmenes cortos: libro 2* (p. 75). Buenos Aires: Ediciones INTA.
- ONU. 2015.** Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.
- Rivas, I.S. (2010).** Gestión ambiental para el ordenamiento territorial del Partido de Florencio Varela, Área Metropolitana de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 66, (4), 535-543.
- Sánchez, E. (2020).** Programa Nacional Frutales. Superficie ocupada por plantaciones frutales en el país y cambios en su estructura productiva: Ediciones INTA.
- Sozzi, G. (2007).** Árboles Frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento: Editorial Facultad de Agronomía

# CAPÍTULO 1

## Aportes del mejoramiento genético y la biotecnología

*Vilma Luciana Saldúa*

Hay varias cuestiones para reflexionar sobre los futuros escenarios que la humanidad enfrentará y las posibles respuestas que la agricultura dará para satisfacer la demanda alimenticia y otros productos agrícolas en forma sustentable. Entre los desafíos actuales se encuentran aumentar la superficie de siembra, la mejora de los cultivos en cuanto a la tolerancia a estrés biótico y abiótico, el incremento de la producción por unidad de superficie, la reducción de los desperdicios de los alimentos, mejorar la eficiencia del uso de los recursos naturales, de los insumos agrícolas, y la tecnología asociada, sin que todo ello suponga la degradación del agroecosistema. En este sentido, las herramientas que propone la biotecnología asociada al agro podrían aportar innovaciones y procesos prometedores con menor impacto negativo para el ambiente, aunque muchas de ellas, despierten una serie de controversias en la sociedad.

La comprensión básica de los mecanismos de la herencia, el control molecular y la interacción de los genes, la genética de poblaciones, el análisis de los caracteres cuantitativos, entre otros, dan cuenta del impacto relevante de las investigaciones genéticas en disciplinas como la medicina, la ecología, la farmacología, la sociología, la filosofía, y también en ciertas áreas aplicadas de la agricultura; donde investigaciones de aislamiento y caracterización de genes concretos han permitido un avance en el mejoramiento vegetal y animal, antes impensado. Sin embargo, no pueden realizarse técnicas de cruzamientos básicos y hacer selección de los mejores fenotipos a partir de semillas o de individuos con buenas características, sin el abordaje previo de los principios mendelianos, reglas y términos estrictos usados en genética. Por lo tanto, el propósito de este capítulo es proporcionar una revisión general de algunas definiciones y conceptos útiles de genética y sus aplicaciones en el mejoramiento de especies vegetales, poniendo en contexto el uso de especies mejoradas mediante métodos clásicos y de biotecnología.

### **¿Qué es la genética? Aplicaciones y desafíos en el mejoramiento de vegetales**

Veamos algunas definiciones. “La genética estudia las propiedades del material genético ADN, por lo tanto (...) es el estudio de los genes a través de su variación” (Suzuki *et al.*, 1992, p.

2). Para Tamarín (1996) “la genética es una ciencia básica cuyos conceptos proporcionan el marco para el estudio de la biología moderna”.

Algunos autores mencionan tres áreas generales de la disciplina: la genética clásica, la molecular y la evolutiva. Dentro de la genética clásica se estudia la teoría cromosómica de la herencia, el análisis de los métodos de cruzamiento, la transmisión de los genes, determina la posición relativa de los genes dentro de los cromosomas para la construcción de mapas; la genética molecular se ocupa del estudio el ADN (ácido desoxirribonucleico), su estructura, los mecanismos de replicación, transcripción y traducción, la expresión de los genes, la importancia de las mutaciones, y todos los métodos utilizados dentro de la ingeniería genética, por último, la genética evolutiva se ocupa de analizar los mecanismos de cambios evolutivos, y el análisis de las poblaciones (Tamarín, 1996). Sin embargo, estas áreas son arbitrarias, y suelen estar superpuestas.

Tal como se indicó en párrafos anteriores comenzaremos definiendo algunos símbolos y terminología utilizados en genética clásica. La transmisión genética de los caracteres supone dos aspectos a tener en cuenta, la herencia y la variabilidad. Un **carácter** queda definido como una propiedad específica de un organismo, es decir, es una característica o rasgo (Suzuki *et al.*, 1998). El gen es la unidad básica de la herencia, y a las alternativas de los genes que existen en la población, se las denomina **alelos**. El **genotipo** de un organismo se refiere a todos los genes que posee, mientras que el **fenotipo** indica todas las características observables de un individuo, es decir, describe todos los aspectos de morfología, fisiología, conductuales y relaciones ecológicas. Por consiguiente, un mismo genotipo puede manifestar distintos fenotipos según el ambiente donde crezca y se desarrolle un individuo, de igual manera, distintos genotipos pueden producir el mismo fenotipo dependiendo del ambiente (Suzuki *et al.*, 1998). Cuando hablamos de **homocigota** nos referimos a los genotipos que poseen el mismo tipo de alelo, en contraste con los individuos **heterocigotas** que poseen alelos distintos (Tamarín, 1996).

Aunque antes de los experimentos de Mendel, varios naturalistas indagaron en los mecanismos de herencia de manera descriptiva, históricamente, a Gregorio Mendel (1822-1884) se lo considera como el “padre de la genética”, dado que sus conclusiones llevaron a establecer los fundamentos de la genética clásica (Gardner, 1971). Si bien nunca mencionó palabras como gen, alelos, genética (las cuales fueron apareciendo tardíamente), estableció las reglas básicas del mecanismo de la herencia infiriendo la existencia de “ciertas partículas” basando su análisis en los resultados de las frecuencias fenotípicas de numerosos cruzamientos dirigidos cuya metodología experimental aún hoy sigue vigente.

Mendel realizó experimentos controlados utilizando como material vegetal a la arveja (*Pisum sativum*), realizando fecundaciones cruzadas. Eligió esta especie por ser una planta anual, sin dificultades para cultivar y polinizar y con caracteres simples, fáciles de cuantificar. Diseñó los ensayos apropiados, y mediante modelos matemáticos analizó algunos caracteres simples llegando a predecir los resultados de los cruzamientos (Gardner, 1971). Su trabajo estuvo disponible desde 1866, el artículo se publicó en las actas de la Sociedad de Historia Natural de Brünn, titulado como “Experimentos sobre la hibridación en plantas”, sin embargo, pasaron 34 años antes de ser reconocido por la sociedad científica de la época (Tamarín, 1996).

Mendel cultivó las arvejas durante algún tiempo hasta obtener plantas con características homogéneas, contrastantes, constantes y discretas, con las cuales comenzar los experimentos, hoy llamadas **líneas puras** (LP). Se considera **línea pura** a los individuos de una población que produce descendencia homogénea para un carácter en particular (Suzuki *et al.*, 1998).

Supuso que cada planta contenía dos “determinantes o partículas” alternativas para los caracteres que analizó (actualmente los conocemos como alelos de cada gen). Eligió siete características o caracteres con dos alternativas bien distinguibles, visibles, de fácil interpretación y clasificación para el observador:

- La textura de la semilla lisa o rugosa
- El color de los cotiledones amarillos o verdes
- El color de flores violetas o blancas
- La textura de la vaina lisa o rugosa
- El color de la vaina verde o amarilla
- El tallo con vaina y flores axiales o terminales
- Altura de la planta alta o enana

De esta manera, cada pareja de línea pura que Mendel utilizó para llevar a cabo el análisis del mecanismo de la herencia, se distinguía en un solo carácter, es decir, cada pareja mostraba las diferentes alternativas o variantes que el carácter podía tomar, por ejemplo, flores de color violeta o flores de color blanco.

La generación parental (**P**) utilizada para comenzar los cruzamientos se caracterizaron por ser homocigotas (LP). La fecundación entre dos individuos LP de características contrastantes, dio origen a la primera generación filial híbrida, actualmente conocida con la simbología **F1**. La auto-fecundación de la F1 da origen a la siguiente generación denominada F2. Así, a las generaciones siguientes bajo este tipo de procedimiento se las puede denominar como F3, F4, sucesivamente.

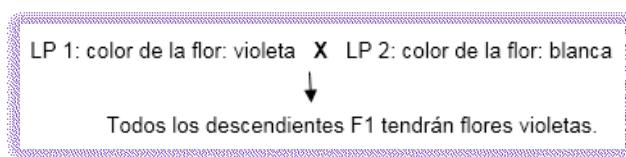
Otros términos muy utilizados son el concepto de alelo dominante y recesivo. Mendel, infirió que la F1 recibe la capacidad de transmitir los fenotipos contrastantes de los parentales que le dieron origen a las siguientes generaciones, por lo tanto, para nombrar a este mecanismo, creó los términos dominante y recesivo (Suzuki *et al.*, 1998). De esta manera, llamó dominante al carácter de tipo parental que se manifestaba en la F1, es decir, en la primera generación, y denominó “recesivo” al carácter que desaparecía en la F1, pero se manifestaba en los descendientes de la próxima generación, o sea, en la F2, y aparecían con una razón de 3:1. Es importante tener en cuenta que los genes recesivos quedan ocultos en la población porque su expresión queda enmascarada por el alelo dominante (Gardner, 1971). En este sentido, los genes recesivos tienen mayor probabilidad de expresión cuando los individuos que se cruzan descenden de un ancestro común, es decir, que están emparentados.

La importancia de los principios que enunció Mendel sobre la segregación y la distribución independiente, se basan en que predicen las proporciones de los cruzamientos mediante el uso

de la ley de probabilidad. Para ampliar el tema sobre La Ley de Segregación o Primera Ley de Mendel y La Ley de Distribución independiente o segunda Ley de Mendel puede verse Suzuki et al. (1998), en las páginas 22 y 24, respectivamente.

Hoy utilizamos distintos tipos de símbolos para analizar los cruzamientos, uno de los más comunes son las letras del alfabeto. Un gen puede presentar diferentes alternativas, su forma dominante o su forma recesiva, esas alternativas se llaman alelos y necesariamente, deben representarse con la misma letra, pero una en minúscula y la otra en mayúscula. Por ejemplo, cuando un individuo es homocigota dominante se lo representa como AA, al individuo homocigota recesivo como aa, mientras que al individuo heterocigota híbrido Aa

A fines didácticos, representaremos simbólicamente un cruzamiento entre parentales de caracteres contrastantes, donde el gen A codifica para el carácter “color de la flor”:

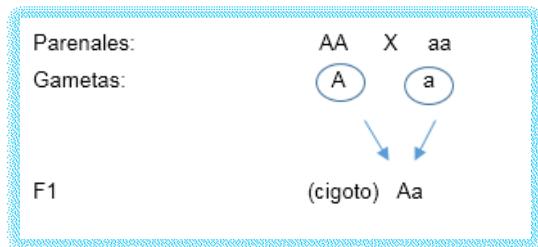


Donde, se designa:

## P: son parentales

LP 1: línea pura, presenta color de flor violeta, homocigota dominante AA,

LP 2: línea pura, presenta color de la flor blanca, homocigota recesivo aa



Todos los individuos de la F1 híbrida, son 100 % heterocigota, con flores violetas, siendo las proporciones de las gametas de la F1 es:  $\frac{1}{2}$  A;  $\frac{1}{2}$  a

Interesantemente, algunos genetistas que analizaron las poblaciones usando modelos matemáticos y parámetros estadísticos, por ejemplo: "R.A. Fisher, S. Wright y J.B.S. Haldane sintetizaron darwinismo, mendelismo y biometría dando origen a la genética de poblaciones. A partir de esa base teórica se desarrolló la genética cuantitativa como herramienta de la selección y del mejoramiento genético" (Rimierei, 2017, p. 8).

## El mejoramiento genético

En el mejoramiento genético, además del material vegetal utilizado en los experimentos de cruzamiento, se aplican otras disciplinas que complementan el análisis genético y las

técnicas de cruzamiento, como la estadística, citología, bioquímica, biología molecular, bioinformática, y herramientas de la Biotecnología como el uso de marcadores moleculares para asistir a la selección, cultivos *in vitro*, uso de mutaciones, entre otras. Como lo señala Picardi (2018, p.31) “los primeros mejoradores practicaron la selección de los genotipos mejor adaptados en forma intuitiva”, posteriormente, y con la llegada de tecnología y sus varias herramientas “permiten tener una correlación más estrecha entre fenotipo y genes”, lo cual permitió avances impensados.

Para Rimieri (2017, p.9) “el mejoramiento genético debe considerarse como un proceso de concentración de genes o combinaciones de genes favorables en un cultivar, que variará según sistemas reproductivos y estructuras genéticas específicas”. En tanto, Nakayama *et al.* (2018, p.9) señalan que “El mejoramiento genético de plantas se define como el conjunto de operaciones que partiendo de un grupo de individuos cuyas cualidades no se encuentran en la condición requerida, permite obtener otro grupo capaz de reproducirse, que se denomina cultivar y que constituye un progreso en algunas características, como un medio para satisfacer, cada vez en mejor forma, las necesidades de la humanidad”.

En el libro “Los desafíos de la Agricultura”, Andrade (2016) describe que el objetivo principal del mejoramiento vegetal es desarrollar cultivares adaptados según las condiciones en un área de producción determinada, siguiendo un plan de manejo adecuado que “contribuiría al cierre de brechas de rendimiento y al uso eficiente del agua y los nutrientes disponibles, de la energía utilizada” (p.73).

Por lo tanto, “la variabilidad genética es el sustrato, la base o la condición de partida de la selección y del mejoramiento genético vegetal” Rimieri (2017, p.10). Cada plan o programa “consiste en tres fases: generación de la variabilidad genética, selección de genotipos y evaluación de los genotipos seleccionados con caracteres agronómicos ideales” (Nakayama *et al.*, 2018, p.9).

## ¿A qué se llama Cultivar?

Siguiendo al autor Rimierei (2017), el mejoramiento genético es un largo proceso, esencialmente mendeliano y probabilístico, que termina con el desarrollo de cultivares. El autor desarrolla los cinco tipos de cultivares:

- Poblaciones o Cultivar Población: mezcla de genotipos en especies autógamas, alógamas, o apomícticas.
- Sintéticos o Cultivar Sintético: idem a Poblaciones pero sólo en alógamas, con control paterno en el origen (Polycross) o Híbridos con poca depresión del vigor en F2
- Líneas o Cultivar Línea: generalmente un genotipo (línea pura), aunque Jensen (1952), sugirió la mezcla de líneas y, al año siguiente, N. Borlaug abogó por el empleo de variedades multilíneas.

- Híbridos F1 o Cultivar Híbrido: con dos líneas endocriadas paternas, con efecto de heterosis, un solo genotipo. A algunas variantes de esa fórmula se las denomina Cultivar Semi-híbrido.
- Clones o Cultivar Clon: cuando un genotipo (dos genotipos en frutales o especies injertadas), es seleccionado de cualquier estructura genética o es inducido por mutagénesis, y la multiplicación es asexual. La “semilla” es un propágulo obtenido por macro- o micropoopagación

## **Conceptos aplicados a la mejora del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**

Es interesante como los conceptos antes mencionados pueden aplicarse en el área de la mejora de cultivos hortícolas, es interesante señalar el trabajo de Hernández-Lea *et al.* (2013). Estos autores analizaron siete variedades comerciales de tomate en México, pudiendo aplicarse su estudio a la revisión de conceptos básicos de genética y al análisis del comportamiento agro-nómico de híbridos y descendientes de la generación F2 y F3. En ese país la mayoría de la semilla de tomate que se utiliza es de origen comercial; mientras que los pequeños productores siembran con semillas de generaciones F2 y F3 provenientes de híbridos comerciales, ¿qué sucede entonces?

Sabemos que “los cultivares híbrido F1, las líneas puras o los clones, son los que mejor concentran la variabilidad genética, ya sea en combinaciones superiores con alelos favorables y/o por interacciones génicas según las estructuras genéticas involucradas” (Rimieri, 2017, p. 9). La F2 es una población segregante, lo que resulta en plantas muy diferentes unas de otras, implicando una serie de problemas e inconvenientes para el productor, como por ejemplo la reducción en la productividad, en la resistencia a insectos y enfermedades, maduración no uniforme, menor calidad industrial, entre otras. Estos autores analizaron varios caracteres del tomate en siete variedades mexicanas, como el número total de frutos por planta, peso total de frutos por planta, el peso promedio de fruto, diámetro y longitud de fruto, contenido de sólidos solubles totales, acidez/pH y firmeza del fruto. Entre la comparación de frutos de la generación F2 y F1, resaltaron dos variedades: ‘Sun 7705’ y ‘Moctezuma’, ambas tuvieron la mayor depresión endogámica dada por la reducción en el rendimiento de fruto y en sus componentes en la generación F2. No obstante, los autores señalaron que en algunas variedades no hubo diferencias significativas entre ambas generaciones filiales, por lo que “la segregación en F2 pueden presentar combinaciones genéticas que generan individuos que en promedio se comportan mejor que el híbrido comercial” (Hernández-Lea *et al.* 2013, p. 214).

Recordando el término depresión endogámica, según Falconer (1983, p. 78) la endogamia “significa apareamiento de individuos que están emparentados entre sí por ascendencia”, (...) “los individuos endogámicos pueden llevar dos genes en un locus que son réplicas del mismo

gen en una generación previa". Las plantas que se autofecundan presentan endogamia extrema y selección durante largos períodos y según Gardner (1971, p. 452) "han eliminado varios genes recesivos indeseables de sus poblaciones".

Serrano Cermeño (1996) plantea que hay varios factores importantes para el cultivo de tomate que deben ser tomados en cuenta en un plan de mejora, como la duración de su ciclo (corto, medio y largo), época de reproducción según las zonas climáticas, labores preparatorias del suelo, fechas de plantación, cuidados de la planta, como la poda, tutores; además de las necesidades edáfica, climáticas (como la temperatura, la luz, la humedad, la luminosidad, fotoperíodo), el riego y la fertilización (Imagen 1).



- El fruto del tomate puede ser bío o plurilocular.
- La forma alargado, oblonga, redonda, aplastada, por el aspecto exterior puede ser liso o acostillados
- El tamaño del fruto por unidad
- Resistencia al agrietamiento del fruto
- Color de la parte posterior del fruto en la maduración (cuello)
- El tipo de crecimiento del tallo, que pueden ser determinada o indeterminada
- Resistencia a enfermedades
- Resistencia a insectos plagas
- Resistencia a malformaciones por el uso de fitohormonas u hormonas vegetales
- Resistencia al transporte y manipulación
- Precocidad
- Ciclo: largo, medio y corto

**Imagen 1.** Caracteres de importancia en tomate (Adaptado de Serrano Cermeño, 1996 y Grabera, 2006)

Actualmente un carácter de importancia en tomate es la vida postcosecha del fruto, lo cual condujo al desarrollo de la variedad denominada "**Larga Vida**". Su nombre se debe a que tiene introducido un factor de resistencia que incide en la madurez, y que le da una duración superior respecto a las variedades normales que no poseen este factor (Serrano Cermeño, 1996). La vida poscosecha se define como los días transcurridos desde la cosecha hasta el deterioro del fruto, que se convierte en inaceptable para el consumo por un excesivo ablandamiento o la aparición de manchas o arrugas (Rodríguez *et al.*, 2010).

Durante la maduración del fruto de tomate, las pectinas, que se encuentran en la pared celular primaria, van sufriendo modificaciones en presencia de distintas enzimas. Entre ellas, la enzima poligalacturonasa (PG) participa en la hidrolisis de las pectinas, proceso asociado al ablandamiento de los frutos (Chamarro Lapuerta, 1995), desencadenando serios inconvenientes en el manejo postcosecha del cultivo, que conducen a la pérdida del valor comercial. Ante esto, se desarrollaron numerosas investigaciones con el objetivo de avanzar en el conocimiento del papel de estas enzimas en el ablandamiento de los frutos y generar tecnología apropiada para regular

este proceso metabólico. Se han encontrado algunos mutantes de tomate asociados a la maduración deficiente, como el gen *rin* “*ripening inhibito*”, mutante recesivo espontaneo y el gen *nor* “*non ripening*” mutante recesivo. El gen *rin* está “asociado a la síntesis de carotenoides, la vida de almacenamiento y ablandamiento, localizado en el cromosoma 5”, (...), mientras que el gen *nor* está “asociado a la síntesis de carotenoides y al ablandamiento, localizado en el cromosoma 10” (Chamarro Lapuerta, 1995, p. 87). Ambos mutantes presentan actividad deficiente en la acción de la poligalacturonasa, por lo que mantienen una textura más firme del fruto durante períodos prolongados (Chamarro Lapuerta, 1995).

A nivel local, el programa de mejoramiento de tomate que plantea Pereira da Costa (2011; 2018) junto a sus colegas, tiene como objetivo mejorar la calidad del fruto y su vida poscosecha, utilizando distintas técnicas del mejoramiento genético clásico, como la incorporación de genes presentes en el germoplasma del tomate cultivado (*rin* y *nor*), cruzamientos interespecíficos entre especies silvestres y líneas, y uso de marcadores moleculares que permiten localizar regiones del genoma que controlan diferencias morfológicas, bioquímicas o productivas.

Otro ejemplo de programa de mejora en tomate lo describen Gallardo *et al.* (2013), que comenzaron en el 2001 en la EEA La Consulta INTA con un plan de mejora orientado especialmente a pequeños productores, utilizando germoplasma proveniente de una colección propia, con el objetivo principal de generar cultivares autopolinizadas, con resistencia a nematodos, peste negra (TSWV) y peca del tomate (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*), como opción al uso de cultivares híbridas,

## **Aportes conceptuales sobre los organismos genéticamente modificados (OGM)**

Muñoz de Malajovich (2012, p. 29) propone una definición amplia de biotecnología como “*una actividad basada en conocimientos multidisciplinarios que utiliza agentes biológicos para hacer productos útiles o resolver problemas. Esta definición engloba muchas de las actividades practicadas por ingenieros químicos, agrónomos, veterinarios, microbiólogos, biólogos, médicos, abogados, empresarios, economistas, etc.*”.

Existen numerosos aportes de los productos y procesos biotecnológicos que forman parte de nuestra vida diaria y que repercuten en distintos sectores productivos, como la energía, usos de enzimas en distintas industrias textil, biorremediación, tratamientos de aguas residuales, sector agropecuario, de alimentación, de salud humana y animal (Muñoz de Malajovich, 2012).

Con el tiempo, se desarrolló el concepto de **Ingeniería genética** que “*incluye toda aplicación de los conocimientos genéticos a un fin tecnológico*” (Puertas, 1992, p. 707). Actualmente, son innumerables las herramientas y procedimiento de rutina disponibles para extraer, identificar, clonar, secuenciar, amplificar, ADN, englobados bajo el nombre de “tecnología del ADN recombinante”, término que se reserva para referirse a moléculas producidas por la unión de segmentos que provienen de diferentes fuentes biológicas (Klug y Cummings, 2005).

Siguiendo la página oficial del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Argentina (CONABIA, s/f, p. 2), nuestro país adopta como definición de Organismo transgénico o genéticamente modificado (OGM) a “*aquel al que se le ha agregado uno o unos pocos genes por técnicas de ingeniería genética. Estos genes pueden proceder de cualquier otro organismo (bacterias, animales o plantas). El objetivo de estas modificaciones genéticas es incorporar nuevas características o modificar algunas pre-existentes y así obtener beneficios (por ejemplo: resistir a una plaga, producir más proteínas o vitaminas o tolerar condiciones climáticas adversas como la sequía*”.

La Argentina ha incorporado varios productos surgidos de la biotecnología y, particularmente, el ámbito agropecuario es uno de los sectores productivos que ha adoptado el uso de OGM. En este sentido, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca en su página oficial, informa los eventos con autorización comercial de organismos genéticamente modificados vegetales (OVGM), ya sea como semilla, productos o subproductos, detallando el nombre de la especie, la característica introducida, el evento de transformación, la entidad solicitante y la Resolución que lo autoriza. Hasta el momento, los eventos autorizados comprenden: soja, maíz, algodón, papa, trigo, cártamo y alfalfa. Las características que se han incorporado a cada especie son muy diversas, como tolerancia a herbicidas, resistencia a insectos o ambas características en la misma planta, otros tienen tolerancia a enfermedades y a sequía.

## **Control, seguimiento, autorización de los OGM**

Todas las actividades vinculadas con el control, marco regulatorio, seguimiento, autorización de los OGM para su uso en el ámbito agropecuario, requiere de la autorización previa de la Secretaría de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Mediante una serie de lineamientos muy bien detallados en resoluciones correspondientes, la Argentina garantiza que los OGM, sean seguros para el agroecosistema y posean aptitud para el consumo humano y animal.

Según lo establecido en Resolución MAGyP N° 763/2011, para obtener la autorización de comercialización del OGM, hay que cumplir con un procedimiento basado en tres etapas:

1) Evaluación de los riesgos para los agroecosistemas derivados de la liberación a escala comercial del OGM en consideración. Esta evaluación está a cargo de la Coordinación de Innovación y Biotecnología y de la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA), creada en 1991, integrada por representantes de los sectores público y privado relacionados en la biotecnología agropecuaria. La CONABIA sigue la normativa de la Resolución SA-GyP N° 124/1991 y sus modificatorias, estableciendo los requisitos técnicos y de bioseguridad de los OGM.

2) Evaluación del material para uso alimentario, humano y animal, a cargo del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y del Comité Técnico Asesor para el Uso de OGM (CTAUOGM), de acuerdo a la Resolución SENASA N° 412/2002, donde se establecen

los "Fundamentos y Criterios para la Evaluación de Alimentos derivados de Organismos Genéticamente Modificados", los "Requisitos y Normas de Procedimiento para la Evaluación de la Aptitud Alimentaria Humana y Animal de los Alimentos derivados de Organismos Genéticamente Modificados" y la información requerida para dicha evaluación".

3) Dictamen sobre los impactos productivos y comerciales de la comercialización del OGM, que está a cargo de la Subsecretaría de Mercados Agrícolas (SSMA), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (Resolución SAGyP N° 510/2011). El análisis se basa en el estudio de las características productivas del evento y del riesgo comercial que podría generarse tanto en el mercado interno, como en los mercados externos. Se toma en cuenta la situación regulatoria en los países competidores y en los principales países de destino de nuestras exportaciones del producto y de sus derivados.

## Referencias

- Andrade, F. H. (2016)** Los desafíos de la Agricultura. 1º Ed. Acassuso: International Plant Nutrition Institute. 136 p. ISBN 978-987-46277-0-4.
- Boletín “Biotecnología agrícola Cultivos Genéticamente Modificados”**. Recuperado en [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/biotecnologia/conabia/\\_pdf/Cultivos\\_GM.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/biotecnologia/conabia/_pdf/Cultivos_GM.pdf)
- Chamarro Lapuerta, J. (1996)**. Capítulo N° 2 Anatomía de fisiología de la planta. EN: El cultivo del tomate. Nuez, F. Ediciones Mundi-Prensa. España. 79 p. ISBN: 8471145499.
- CONABIA.** s/f. Biotecnología agrícola. Cultivos genéticamente modificados. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/biotecnologia/conabia/\\_pdf/Cultivos\\_GM.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/biotecnologia/conabia/_pdf/Cultivos_GM.pdf)
- Falconer, D. S. (1983)**. Introducción a la Genética cuantitativa. 1ra. Ed. Cia Editorial Continental S.A. de C.V. Mexico. 430 p.
- Gallardo, G. S.; Masuelli, R. & Ferrer, S. (2013)** Avances en la mejora genética de tomate para industria. Horticultura Argentina 32(78). 5- 14. Disponible en [www.horticulturaar.com.ar](http://www.horticulturaar.com.ar)
- Gardner, E. J. (1971)** Principios de Genética. 2da edición. Editorial Limusa, S.A. México. 551 pp
- Gragera, F. J. (2006)** Capítulo: Mejora genética de la calidad en el tomate para industria. En: Mejora genética de la calidad en plantas. 299 – 332p. DOI:[10.13140/RG.2.1.1311.2405](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1311.2405) Recuperado en [https://www.researchgate.net/publication/283302674\\_Mejora\\_genetica\\_de\\_la\\_calidad\\_en\\_el\\_tomate\\_para\\_industria](https://www.researchgate.net/publication/283302674_Mejora_genetica_de_la_calidad_en_el_tomate_para_industria)
- Klug, W. S. & Cummings M. R. (2005)**. Conceptos de Genética. 3a ed. (traducción de la 6a ed. en inglés) Prentice Hall Iberia S.R.L.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.** <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/alimentos-y-bioeconomia/ogm-vegetal-eventos-con-autorizacion-comercial>
- Muñoz de Malajavich, M. A. (2012)**. Biotecnología. 2ª edi. Bernal. Universidad Nacional de Quilmes. 448 p.
- Nakayama, H. D.; González, M. C.; Samudio Oggero, A.; Britos, R. M.; Mussi Cataldi, C. Cantero, F. A.; Benítez, J. V. & Peralta López, I. (2018)**. Fitomejoramiento participativo del

- Ka'a He'e. 1º Ed. Manual. CONACYT UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN. ISBN 978-99967-0-678-3. Recuperado en: [https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload\\_editores/u454/Manual-Fitomejoramiento.pdf](https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload_editores/u454/Manual-Fitomejoramiento.pdf)
- Pereira Da Costa, J. H. (2018).** Biotecnología aplicada al mejoramiento vegetal: empleo de marcadores moleculares para asistir la mejora en tomate. MGV 2. Journal of Basic and Applied Genetics Vol XXIX Suppl. (1): 29-50. Recuperado en <http://www.scielo.org.ar/pdf/bag/v29s1/v29s1a04.pdf>
- Pereira Da Costa, J. H. (2011).** Tesis Doctoral. Introgresión de regiones genómicas de la línea la722 de *Solanum pimpinellifolium* en un genotipo “elite” de tomate para incrementar la calidad del fruto. Facultad de Ciencias Agrarias. UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO. 275 p.
- Picardi, L. A. (2018).** El mejoramiento vegetal en estos días. MGV 1. Journal of Basic and Applied Genetics Vol XXIX Suppl. (1): 29-50. Recuperado en <http://www.scielo.org.ar/pdf/bag/v29s1/v29s1a04.pdf>
- Puertas M. J. (1992).** Genética. Fundamentos y Perspectivas. Editorial Interamericana McGraw-Hill. 741 p.
- Resolución MAGyP Nº 763. (2011). <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/185000-189999/185806/norma.htm>
- Resolución SAGyP Nº 124/91. (1991). [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/res\\_no\\_0763-011.marco\\_regulatorio\\_ogm.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/res_no_0763-011.marco_regulatorio_ogm.pdf)
- Resolución SAGyP Nº 510. (2011). <https://www.argentina.gob.ar/nORMATIVA/nACIONAL/reso-luci%C3%B3n-510-2011-185853/texto>
- Resolución SENASA Nº 412/02. (2002). <https://www.argentina.gob.ar/nORMATIVA/nACIONAL/reso-luci%C3%B3n-412-2002-74376/texto>
- Rimieri, P. (2017).** La diversidad genética y la variabilidad genética: dos conceptos diferentes asociados al germoplasma y al mejoramiento genético vegetal. Journal of Basic and Applied Genetics. Vol XXVIII (2): 7-13.
- Rodríguez, G., G.R. Pratta, R. Zorzoli, L.A. Picardi. (2010).** Factores genéticos que afectan la calidad del fruto de tomate. ISSN: 0327-8093. P 451-463. Recuperado en <http://se-dici.unlp.edu.ar/handle/10915/27620>
- Suzuki, D. T.; A.J.F. Griffith; J. Miller and R.C. Lewontin. (1998).** Genética (6ª Ed.). Ed. Mc Graw Hill. Interamericana. España. 800 p.
- Taiz, L. & E. Zeiger (2006).** Capítulo 15 Paredes celulares: estructura, biogénesis y expansión. En Fisiología vegetal. Volumen 2. Castello de la Plana. Publicaciones de la Universitat Jaume I. 1338 p.
- Tamarín, R. H. (1996).** Principios de Genética. 4da edición. Editorial Reverté, S.A Barcelona. 655 p. ISBN 84-291-18500.

# CAPÍTULO 2

## Herramientas para el manejo sustentable de la producción bajo cubierta

*Luciana A. Dell'Arciprete Giglio, María Lucrecia Puig*

A lo largo de la historia, la actividad agrícola ha introducido cambios en el ambiente y las interacciones entre sus componentes (Cisternas & Rodriguez, 2021). El Cinturón Hortícola Platense (CHP) ha crecido en productividad e importancia gracias a diferentes razones, una de ellas la implementación de la tecnología del invernáculo. La producción bajo cubierta se inició en los años '80, observándose una mayor expansión entre los años 2001 y 2002. Actualmente se estima que la superficie de invernáculos es de 4000 hectáreas, siendo una variable de diferenciación a nivel regional y nacional (García, 2016; German *et al.*, 2019).

La producción hortícola bajo cubierta posee una serie de ventajas que inciden directamente sobre la rentabilidad: aumento de los rendimientos en relación a los obtenidos a campo; adelanto (precocidad) o atraso (tardicia) de la cosecha, lo que permite obtener productos fuera de época; posibilidad de realizar más cultivos al año en la misma superficie; producción de mayor calidad (limpieza, sanidad, uniformidad); mayor eficiencia en el uso del agua de la mano del riego localizado; entre otras (Adlercreutz *et al.*, 2014).

Sin embargo, aunque optimiza las condiciones ambientales para el desarrollo y crecimiento de los cultivos, llevada a cabo de manera irresponsable genera problemas que se asocian luego a disminuciones del rendimiento. Entre ellos se pueden señalar la degradación edáfica como consecuencia de la intensidad de las labranzas y de la falta de rotación entre las especies cultivadas; la elevada aplicación de abonos orgánicos y fertilizantes sin considerar la riqueza y potencialidad productiva del suelo; los desequilibrios en las poblaciones de insectos y microorganismos que derivan en la irrupción de plagas secundarias, resistencia a fitosanitarios, entre otros (Alconada Magliano, 2011; Carbelo *et al.*, 2018; Cuellas & Alconada Magliano, 2018).

Es por ello que la forma en la cual se procura obtener mayor productividad y calidad es cada vez más discutida por sus consecuencias en la sustentabilidad de la actividad y en el ambiente en general. En este aspecto, si bien se introducen modificaciones alentadoras, el criterio de producción no se ha modificado esencialmente y se continúa con la creencia de que las disminuciones de rendimiento de los cultivos pueden revertirse con el uso de más insumos, en tipo y cantidad (Calandrelli & Falcón, 2018; Alconada Magliano, 2021).

Por lo tanto, con el objetivo de contribuir a la sustentabilidad de los agroecosistemas, y pensando en el desarrollo sostenible, será imprescindible tener en cuenta el uso de estrategias de

gestión basadas en conocimientos y de métodos que dependan primariamente de insumos renovables (FAO, 2012; Renzi, 2013).

Al momento de pensar en estrategias que favorezcan la sustentabilidad de los agroecosistemas, se pueden considerar diferentes prácticas: rotaciones, cultivos de cobertura y promoción de espacios que actúen como hábitat para la fauna silvestre y los insectos benéficos (Altieri, 1999). Dichas estrategias se presentan en este capítulo.

## Rotaciones de cultivos

La rotación de cultivos es una práctica que consiste en la sucesión de diferentes especies vegetales sobre una misma superficie a través del tiempo de manera planificada. Este concepto se contrapone al monocultivo, que se basa en la siembra o trasplante de una misma especie en el mismo lote, año tras año (Holgado-Cabrera *et al.*, 2016).

Las ventajas de la rotación de cultivos son numerosas; influye de manera positiva sobre el manejo de plagas y enfermedades, el control de malezas y la fertilidad del suelo, entre otros (Guanche García, 2010).

En primer lugar, es beneficiosa sobre la sanidad vegetal dado que a partir de esta práctica se reduce la cantidad de inóculo de fitopatógenos del suelo y se previene la transmisión de enfermedades de un cultivo al siguiente al cortar su ciclo. Al alternar entre cultivos susceptibles y cultivos que no se ven afectados, el inóculo se reduce debido a la falta de alimento, depredación o simple deterioro (Silva *et al.*, 2015).

El propósito de rotar es que los patógenos que sobreviven en el suelo y restos de cultivo no encuentren la misma especie vegetal en el siguiente ciclo (Rivera & Wright, 2020). Se trata de un método efectivo sobre todo frente a hongos que no producen esporas aéreas y tienen ámbito de hospedero limitado. Por ejemplo, la mancha foliar causada por *Septoria lycopersici* es una de las enfermedades que afecta al follaje en tomate y la rotación de cultivos (mínimo 2 años y con especies de otra familia botánica diferente a solanáceas) es uno de los puntos del manejo integrado de la misma (Achicanoy, 2001; Herbario Virtual, s. f.).

Asimismo, la rotación de cultivos reduce el riesgo de infestaciones por plagas, constituyendo una medida preventiva dentro del manejo integrado de las mismas. Por ejemplo, el gusano de alambre *Agriotes lineatus* es una plaga que se alimenta de las raíces de las plantas, pero también ataca semillas o plantas recién germinadas de repollo y lechuga. Para reducir las poblaciones de este insecto es útil esta práctica (Restrepo Salazar *et al.*, 2012).

Es importante destacar que, según lo expuesto por Jiménez M. (2009), esta estrategia no es eficaz sobre plagas altamente móviles, que pueden invadir desde zonas más lejanas. En cambio, sí lo es sobre plagas y enfermedades que tienen un reducido rango de huéspedes por lo que la ausencia durante varios años de los mismos da lugar a la pérdida de viabilidad del inóculo de la enfermedad o la muerte de la plaga.

En cuanto al manejo de malezas, las mismas suelen encontrarse asociadas a determinados cultivos. Como consecuencia del monocultivo, las especies indeseables asociadas a este pueden alcanzar poblaciones difíciles de manejar. Con las rotaciones se introducen condiciones que no son favorables para la maleza en cuestión, por lo que se dificulta su crecimiento y reproducción. Esto podría deberse a que las rotaciones generan cambios en la competencia por los recursos, interferencia alelopática y porque se crean modificaciones en el suelo que derivan en un ambiente menos favorable para las mismas (Karlen, 1994).

Por otra parte, la rotación de cultivos también genera beneficios relacionados con la fertilidad física y química del suelo. Curcio (2019) señala que uno de los inconvenientes de no planificar rotaciones es la disminución de la disponibilidad de nutrientes a igual profundidad de suelo como consecuencia de la exploración sistemática de la misma zona por parte de las raíces. En este sentido, cada cultivo explora diferentes profundidades edáficas en busca de agua y nutrientes, colonizando el suelo con raíces de diversa arquitectura. Esto se traduce en una mayor distribución de bioporos de diferentes tamaños que tendrán funciones de aireación y almacenamiento de agua en el perfil, entre otras (Golik *et al.* 2017). En concordancia con esto, además, las rotaciones influyen positivamente sobre la materia orgánica del suelo, la cual es imprescindible para la formación y estabilidad de los agregados, mantención de la humedad y conductividad hidráulica de los suelos (Silva *et al.*, 2015).

La rotación también permite un mejor desarrollo de la microflora y microfauna edáfica lo que garantiza los ciclos de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica. Estos organismos interaccionan con las plantas aumentando la disponibilidad de nutrientes y produciendo fitohormonas que estimulan el crecimiento radicular. A modo de ejemplo, hay microorganismos que sintetizan enzimas, como fosfatasas, fitasas y C-P liasas, que permiten la liberación de fósforo a partir de compuestos orgánicos que se encuentran en el suelo dejándolo así disponible para las plantas (FAO, 2022c; Regueira, 2018).

La planificación de la rotación es una herramienta más entre todas las disponibles para los productores y requiere conocer las características edafoclimáticas del establecimiento y de los materiales a disposición. También son importantes los objetivos del productor, la función de las especies seleccionadas y la viabilidad al momento de comercializar las hortalizas obtenidas.

Teniendo en cuenta estos aspectos, se diseña un esquema en función de las parcelas disponibles y de un determinado tiempo, al cabo del cual se reiniciaría el ciclo. Es imprescindible atender al orden en el que cada especie será incorporada en dicho esquema, de manera de aprovechar al máximo las condiciones existentes en el establecimiento productivo.

A continuación, se incluyen tablas (Tabla 1, 2 y 3) que permiten la caracterización de manera simplificada de diferentes cultivos hortícolas.

**Tabla 1.** Clasificación de diversas hortalizas según su familia botánica

Familia	Cultivos
Compuestas	Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ), alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> )
Crucíferas	Rabanito ( <i>Raphanus sativus</i> ), repollo ( <i>Brassica oleracea var. capitata</i> ), coliflor ( <i>Brassica oleracea var. botrytis</i> ), brócoli ( <i>Brassica oleracea var. italica</i> ), repollito de Bruselas ( <i>Brassica oleracea var. gemmifera</i> ), rúcula ( <i>Eruca vesicaria subesp. sativa</i> )
Cucurbitáceas	Melón ( <i>Cucumis melo</i> ), pepino ( <i>Cucumis sativus</i> ), sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> ), calabaza ( <i>Cucurbita moschata</i> ), zucchini ( <i>Cucurbita pepo</i> ), zapallito de tronco ( <i>Cucurbita maxima var. zapallito (Carr.) Millán</i> ).
Leguminosas	Habas ( <i>Vicia faba</i> ), arvejas ( <i>Pisum sativum</i> ), porotos ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ), chauchas ( <i>Vigna unguiculata L</i> )
Liliáceas	Ajo ( <i>Allium sativum</i> ), cebolla ( <i>Allium cepa</i> ), puerro ( <i>Allium ampeloprasum var. porrum</i> ), cebollita de verdeo ( <i>Allium fistulosum</i> )
Quenopodiáceas	Remolacha ( <i>Beta vulgaris</i> ), espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ), acelga ( <i>Beta vulgaris</i> )
Solanáceas	Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> ), berenjena ( <i>Solanum melongena</i> ), pimiento ( <i>Capsicum annuum</i> )
Umbelíferas	Zanahoria ( <i>Daucus carota sativus</i> ), apio ( <i>Apium graveolens</i> ), perejil ( <i>Petroselinum crispum</i> )
	Maíz dulce ( <i>Zea mays var. saccharata</i> )
Labiada	Albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> )

Fuente: Adaptado de Longone &amp; Escoriza, 2019

**Tabla 2.** Extracciones aproximadas de los principales nutrientes para cultivos hortícolas (kg/ha).

Cultivo	Nutrientes		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Apió	200	150	500
Coliflor	200	80	250
Cebolla	90	40	120
Lechuga	80	40	200
Pepino	150	80	300
Pimiento	200	60	300
Tomate	250	90	400

Fuente: Cátedra de Horticultura, FAA, UNSE (2003)

**Tabla 3.** Clasificación de diversas especies hortícolas según su profundidad de raíces.

<b>Superficial (hasta 60 cm)</b>	<b>Moderadamente profundas (hasta 120 cm)</b>	<b>Profundas (más de 120 cm)</b>
Ajo, apio, brócoli, cebolla, col, coliflor, espinaca, lechuga, puerro, rábano.	Pepino, pimiento, remolacha, zanahoria.	Alcachofa, berenjena, tomate.

Fuente: Cánova Fernández (1993)

**Tabla 4.** Clasificación de hortalizas según su órgano cosechable.

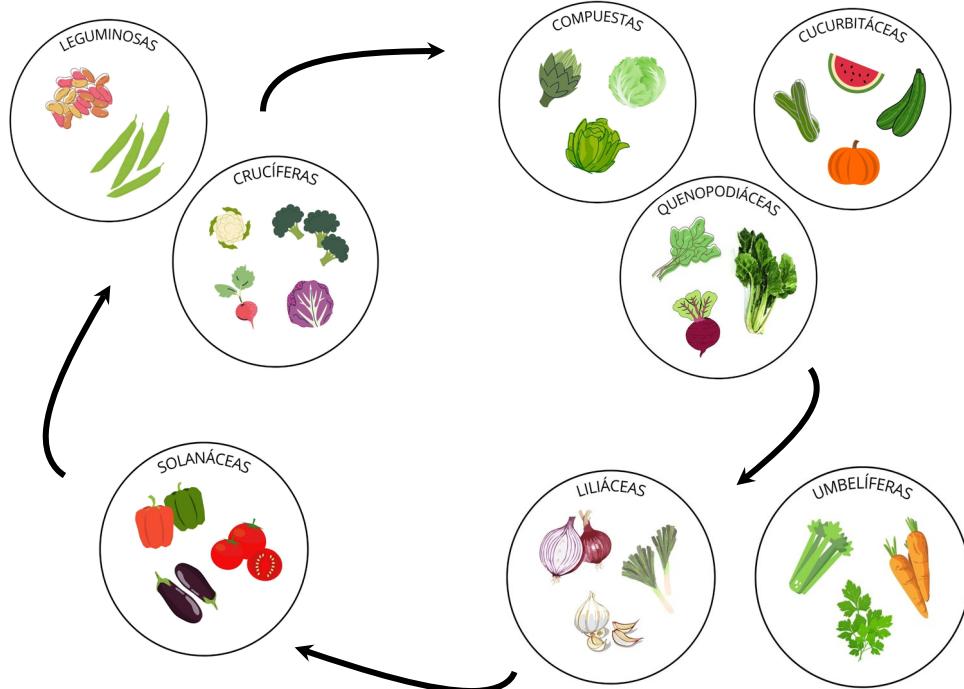
<b>Órgano cosechable</b>	<b>Hortaliza/s</b>
Hojas	Lechuga, espinaca, acelga, achicoria.
Raíz carnosa	Zanahoria, batata, nabo
Tubérculo	Papa
Bulbo	Cebolla, ajo
Pecíolo	Apio, hinojo
Brotes jóvenes o yemas axilares	Espárrago, repollito de Bruselas
De fruto	Tomate, pimiento, berenjena, zapallo, zapallito, pepino, maíz dulce, frutilla.

Fuente: Cátedra de Horticultura, FAA, UNSE (2003)

Teniendo en cuenta lo presentado, las rotaciones podrían realizarse según diferentes pautas (Cánova Fernández, 1993):

- Sucesión de cultivos pertenecientes a diferentes familias.
- Sucesión de cultivos con diferentes necesidades nutricionales.
- Sucesión de cultivos con exploración del suelo diversa.
- Sucesión de cultivos con diferente órgano cosechable.
- Sucesión de cultivos teniendo en cuenta alelopatías, afinidad/intolerancia, susceptibilidad a diferentes patógenos.

En una rotación por familias, no debería sucederse entre sí: espinaca, remolacha, acelga o tomate, pimiento, berenjena. Podría tenerse en cuenta la siguiente secuencia (Longone & Escoriaza, 2019): crucíferas o leguminosas, compuestas, quenopodiáceas y cucurbitáceas, umbelíferas o liliáceas y solanáceas (Imagen 1).

**Imagen 1.** Rotación por familia.

De acuerdo a lo expresado por Cánova Fernández (1993), teniendo en cuenta las necesidades nutricionales, se podría establecer una rotación con especies exigentes como coliflor, pepino, berenjena, pimiento o tomate, seguido por leguminosas y finalizando el esquema con plantas de menor exigencia como rábano, achicoria y escarola. En este sentido, Díaz *et al.* (2014) agrupan a las especies de plantas de la siguiente manera: reponedoras, son aquellas que aportan fertilidad y entre ellas se pueden mencionar a las leguminosas (poroto, habas); consumidoras rústicas, dentro de este grupo se señalan al repollo, tomates, acelga y zapallo, señalando que son especies que pueden crecer en sitios donde la materia orgánica no alcanzó su total descomposición; y consumidoras finas, las cuales requieren que la materia orgánica esté bien descompuesta, que la tierra esté fina y desmenuzada, entre ella se mencionan lechuga, zanahoria y espinaca.

También pueden realizarse rotaciones donde se sucedan hortalizas de raíz, hoja y luego fruto. Por ejemplo (Imagen 2): zanahoria (de raíz), acelga (de hoja), tomate (de fruto) y arvejas (legumbres).

**Imagen 2.** Rotación según órgano cosechable. Fuente: Imagen propia.

Adlercreutz & Francucci (2018), en un trabajo realizado en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata, marcan que el cultivo de brócoli constituye una alternativa a planteos de monocultivo de lechuga, incorporando los rastrojos y realizando una biosolarización del suelo durante la época estival como opción a la desinfección química.

En el caso de tomate, cultivo de gran relevancia en el Cinturón Hortícola Platense, Argerich & Troilo (2011) señalan que se deberían realizar no más de 3 años por cada 5 con tomate, incluyendo en la rotación abonos verdes (invernales y/o estivales), gramíneas, leguminosas y aliáceas.

Si el objetivo de la rotación pasa principalmente por el manejo sanitario en el establecimiento, será importante contar con un listado de cultivos susceptibles y no hospedantes del patógeno. En efecto, el tiempo requerido para la reimplantación del cultivo susceptible dependerá de la supervivencia de las estructuras del patógeno tal como sucede en el caso de *Sclerotinia sclerotiorum*. Dicho patógeno produce estructuras con un largo período de resistencia a condiciones adversas (Rivera & Wright, 2020).

## Cultivos de servicios y abonos verdes

Entre las prácticas recomendadas para contrarrestar los problemas asociados al deterioro de los campos se encuentran los cultivos de cobertura. Un cultivo de cobertura, de acuerdo a lo expresado por Ovalle (2020), es un cultivo sembrado con el principal objetivo de otorgar cobertura al suelo, diferenciándose de lo que se conoce como “abonos verdes” que son incorporados al suelo. Estudiados desde fines de la década de los ‘70, se trata de cultivos que se incluyen dentro del esquema de rotaciones con un objetivo diferente al de obtener un rédito económico en el corto plazo dado que, contrariamente a los cultivos comerciales, no tienen un valor de mercado (FAO, 2022; Pinto & Piñeiro, 2018).

Surgen como una herramienta prometedora para ayudar a los productores a mantener la provisión de los servicios agroecosistémicos de manera sustentable en el tiempo. En la actualidad han pasado de ser llamados cultivos de cobertura a cultivos de servicios puesto que es muy amplia la lista de aportes que se observan al incluirlos como parte del manejo en los agroecosistemas; representando la cobertura vegetal del suelo solo uno más de ellos (Piñeiro, 2016).

Este tipo de cultivos mejoran la estabilidad del sistema, siendo beneficiosos porque la cobertura vegetal protege al suelo, evitando la erosión del mismo (hídrica y eólica); permiten quebrar el monocultivo al incluirlos como parte de una rotación; constituyen una fuente adicional de materia orgánica; actúan como una “labranza biológica” ya que las raíces de algunos cultivos tienen la capacidad de penetrar en capas compactadas o muy densas, incrementando así la capacidad de percolación de agua del suelo; movilizan y reciclan los nutrientes, facilitando la disponibilidad para los siguientes cultivos; dependiendo el cultivo, permiten la fijación de nutrientes como el N; pueden formar parte de una estrategia de manejo integrado de malezas y plagas; entre otros (FAO, 2022a).

Cada productor puede optar por un determinado cultivo de servicio según el agroecosistema en el que se encuentre, sus objetivos y los factores internos y externos que lo condicionen (Bertollo & Marzetti, 2017).

Pinto & Piñeiro (2018) señalan que se debe contar con la caracterización de dichos cultivos de manera de poder planificar su incorporación en función de sus rasgos y de los servicios ecosistémicos que se busquen restaurar. Es decir, a la hora de elegir un cultivo que controle malezas puede ser de utilidad considerar la rápida producción de biomasa aérea, mientras que si se busca disminuir las pérdidas de nutrientes por lixiviación sería interesante contar con cultivos con una rápida tasa de absorción. En la tabla 5 se mencionan algunos posibles objetivos junto a los rasgos y cultivos posibles de considerar.

**Tabla 5.** Objetivos, rasgos y especies a la hora de planificar un cultivo de servicio.

Objetivo	Rasgos y especies
Mejorar la estructura del suelo, “arado biológico”	Se requiere de una alta actividad de la raíz que establece el suelo. Pueden utilizarse gramíneas de los géneros <i>Festuca</i> , <i>Dactylis</i> y <i>Phalaris</i> . Además, en estos casos, el follaje protege la superficie del suelo y es un excelente aporte de materia orgánica.
Proteger el suelo contra la erosión	Se deben buscar cultivos que cubran rápidamente el suelo como avena, cebada, en mezcla con tréboles y medicagos anuales.
Aporte de nitrógeno	Considerar especies que tengan la capacidad de fijar nitrógeno; pueden señalarse a diferentes tréboles (subterráneo, encarnado, balansa, blanco), alfalfa, medicago anual, arveja, haba y vicia.
Control de malezas	Se requiere de cultivos de crecimiento rápido y que capturen rápidamente los recursos (luz, agua y nutrientes). Pueden considerarse especies como cebada, avena, en mezcla con vicia o brásicas. En este último caso también se considera la alelopatía que puede darse, dado que las brásicas pueden suprimir malezas más allá de la competencia directa ejercida por el rápido crecimiento.
Recuperar fertilizante residual de cultivo anterior	Con el objetivo de capturar y almacenar nitrógeno, evitando su lixiviación o volatilización y buscando reciclar los nutrientes de las profundidades del suelo son útiles los cultivos fibrosos y de raíces profundas, como avena y cebada.

Adaptado de: Ovalle Molina, 2020; Pinto & Piñeiro, 2018.

En cuanto al manejo de los cultivos de servicios, en general su crecimiento es interrumpido antes de la siembra del siguiente cultivo o bien después de la siembra de éste, pero antes que comience la competencia entre ambos. De esta manera, sus residuos juegan un papel importante como mulch (Renzi, 2013). El acolchado o “mulching” es una práctica mediante la cual se cubre el suelo con un material preferentemente orgánico, buscando protegerlo y de manera eventual mejorar su fertilidad (Cánova Fernández, 1993).

Los cultivos de servicios son ampliamente estudiados y utilizados a nivel de cultivos extensivos, en general junto al sistema de siembra directa, siendo incipiente su desarrollo en la producción de hortalizas. En este caso, pueden encontrarse bajo el concepto de “labranza cero” (D’amico *et al.*, 2016) o “sistema de plantío directo” (SPDH), reemplazando el concepto de siembra dado que es más frecuente el trasplante en especies hortícolas (Madeira *et al.*, 2015). Los principios del SPDH son coincidentes con los expuestos por FAO (2022b) para la agricultura de conservación: alteración mínima del suelo, ya que solo se remueve en hiladas de cultivo; la diversificación de especies que se da al incluir el cultivo de cobertura en la rotación y la propia cobertura que este genera al momento de interrumpir su crecimiento.

En el capítulo 6 de este libro pueden encontrarse experiencias de labranza cero en ajo, cebolla y zapallo (hortalizas pesadas).

En cultivos hortícolas bajo invernadero, se puede citar la experiencia de un grupo de investigadores en General Pico, La Pampa. Muguiro *et al.* (2021) compararon la respuesta de diversos cultivos (lechuga, tomate, acelga) y los cambios en las propiedades del suelo al incorporar o no un cultivo de cobertura (centeno). Dicho grupo de investigación concluyó que la inclusión del cultivo de cobertura mejoró significativamente las condiciones químicas del suelo lo que derivó en un aumento en el rendimiento acumulado en los diversos cultivos evaluados.

Los cultivos de cobertura pueden actuar como abonos verdes. Un abono verde es un cultivo que es cortado e incorporado al suelo en el mismo sitio donde fue sembrado. Al igual que los cultivos de servicios poseen una serie de ventajas tales como la incorporación de materia orgánica, la reducción del crecimiento de las malezas y la protección del suelo de la erosión. Sin embargo, la propia incorporación genera una desestructuración física del suelo y acelera la descomposición del material vegetal. Esto dependerá de las especies usadas, las condiciones ambientales y características del suelo (textura, pH, actividad microbiana) (Madeira *et al.*, 2015; Céspedes León, *et al.*, 2021).

De acuerdo a lo expuesto por Camí Marnet (2014), el momento de incorporación es crucial ya que si es inadecuado puede generar efectos depresores sobre el próximo cultivo. Si el objetivo es fertilizar un cultivo de verano, se debería realizar al inicio de primavera utilizando una mezcla de fácil descomposición, como una crucífera junto a una leguminosa, agregando o no un bajo porcentaje de un cereal. Si la incorporación es durante el verano, antes de plantar el siguiente cultivo deberían transcurrir mínimo 45 días en el caso de un cereal lignificado o 20 días para

crucíferas que iniciaban su floración. Por último, en los meses de otoño e invierno la descomposición es más lenta dada la menor temperatura (se favorece la formación de humus), por lo que el siguiente cultivo podría plantarse luego de dos o tres meses.

Entre las familias que pueden ser utilizadas se encuentran leguminosas, gramíneas, crucíferas o mezclas de ellas. La principal característica de las leguminosas es su capacidad de fijar nitrógeno en simbiosis con bacterias, mientras que en las gramíneas en general es mayor producción de materia seca, aunque de menor calidad (más lignificada). Por su parte, las crucíferas tienen un rol destacado en el manejo de plagas y enfermedades del suelo; algunas desarrollan raíces engrosadas que mejoran el drenaje del suelo al actuar como “arado biológico”. Por último, en el caso de las mezclas, su uso responde a aprovechar las características beneficiosas de cada familia y producir mayor volumen de materia seca, balanceando la fibrosidad y con ello su velocidad de descomposición (Gilsanz, 2015).

## **Manejo de insectos plaga a través de corredores biológicos**

La presencia de insectos que generan algún nivel de daño sobre los cultivos coevoluciona con la agricultura, la cual modifica el ambiente y las interacciones entre sus componentes. Con el objetivo de manejar de forma integral a los insectos denominados “insectos plaga” surgió en la década de los ‘70 el concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Cisternas & Rodriguez, 2021).

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un sistema de regulación de plagas que utiliza todas las técnicas y métodos, compatibilizando al máximo su interacción, con el objetivo de mantener sus niveles poblacionales por debajo de los que causen daño económico. En este sentido, se reemplaza el concepto de “eliminar y erradicar” por el de “manejar y mantener” (Adlercreutz, 2013; Passalacqua & Padín, 2021).

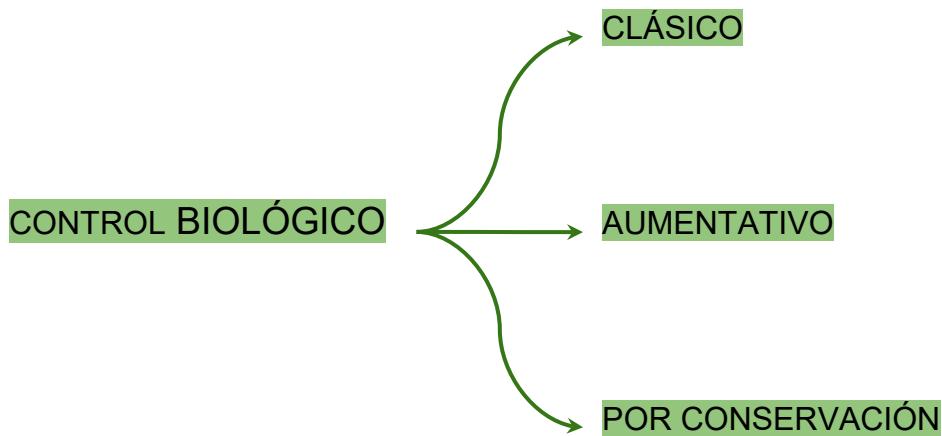
El control biológico (CB) se encuentra como medida preventiva dentro del MIP. Cisternas & Rodriguez (2021) lo definen como “un método de reducción de la densidad, en forma transitoria o permanente, de poblaciones de insectos y ácaros plaga mediante el empleo de poblaciones de enemigos naturales”. Los mencionados autores señalan que esta definición incorpora la intencionalidad de este método, dada la intervención del hombre; la variabilidad temporal de los resultados obtenidos y la necesaria presencia de los enemigos naturales (depredadores y parasitoides) como componente básico en la estrategia. En la tabla 6 se mencionan algunas de las plagas que afectan a cultivos hortícolas bajo invernadero y sus enemigos naturales.

**Tabla 6.** Plagas que afectan a cultivos hortícolas bajo invernadero y sus enemigos naturales (parásitoides y depredadores).

Plaga	Enemigo natural
<b>Mosca blanca</b> <i>Bemisia tabaci</i> <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<b>Parasitoides</b> <i>Eretmocerus mundus</i> spp <i>Encarsia formosa</i> G.  <b>Depredadores</b> <i>Amblyseius swirskii</i> <i>Nesidiocoris tenuis</i> <i>Chrysoperla carnea</i> “Crisopa” <i>Coenosia attenuata</i> “Mosca tigre”
<b>Trips</b> <i>Frankliniella occidentalis</i>	<b>Depredadores</b> <i>Orius laevigatus</i> <i>Amblyseius swirskii</i> <i>Amblyseius cucumeris</i> <i>Nesidiocoris tenuis</i>
<b>Arañuela roja</b> <i>Tetranychus urticae</i>	<b>Depredadores</b> <i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Amblyseius californicus</i>
<b>Pulgones</b> <i>Myzus persicae</i> <i>Aphis gossypii</i>	<b>Parasitoides</b> <i>Aphidius colemani</i>  <b>Depredadores</b> <i>Chrysoperla carnea</i> <i>Aphidoletes aphidimyza</i> <i>Coccinella septempunctata</i>
<b>Polilla del tomate</b> <i>Tuta absoluta</i>	<b>Parasitoides</b> <i>Trichogramma achaeae</i>  <b>Depredadores</b> <i>Nesidiocoris tenuis</i>
<b>Ácaro blanco</b> <i>Polyphagotarsonemus latus</i> B	<b>Depredadores</b> <i>Amblyseius</i> spp.
<b>Ácaro del bronceado</b> <i>Aculops lycopersici</i> M.	<b>Depredadores</b> <i>Amblyseius andersoni</i>

Adaptado de: Téllez Navarro et. al., 2010.

Según lo expuesto por Nicholls (2008), se diferencian: el control biológico clásico, que consiste en la introducción de una especie exótica para el control de la población de la plaga; el control biológico aumentativo, a través del cual los enemigos naturales son criados artificialmente para su liberación en el cultivo y el control biológico por conservación, que implica la adopción de prácticas que fomenten su aparición y abundancia en propio establecimiento productivo (Imagen 3).

**Imagen 3.** Tipos de control biológico.

El control biológico por conservación se basa en la regulación que ocurre naturalmente en los ecosistemas. Este se basa en la modificación del ambiente favoreciendo el establecimiento y el desarrollo de poblaciones de enemigos naturales a través de la provisión de hábitat y recursos, con el mencionado objetivo de reducir el efecto de las plagas (Díaz, 2015; Villalaín *et al.*, 2016).

De acuerdo a lo expuesto por Del Pino (2020), en los alrededores de la zona hortícola de La Plata existen sitios que son refugio para gran cantidad de insectos benéficos. En concordancia con ello, Ibáñez *et al.* (2021) han evaluado la presencia de insectos benéficos en refugios vegetales en un establecimiento hortícola ubicado en la localidad de Abasto (La Plata, Buenos Aires), indicando que en los muestreos realizados de manera semanal han observado la presencia continua de Coleópteros de las familias Coccinellidae, Chrysomelidae, Cantharidae, Himenópteros de las familias Apidae y Vespidae, Dípteros de la familia Syrphidae y Lepidópteros de las familias Nymphalidae y Pieridae, así como también Arácnidos, Neurópteros de la familia Chrysopidae y Mantodeos.

**Imagen 4.** Refugio evaluado por Ibáñez *et al.*, 2021 (Imagen propia).

El control biológico por conservación puede promoverse a partir del manejo de especies que pueden estar presentes en las inmediaciones de los campos de cultivo o instalarse como una decisión de manejo por parte de los productores ya sea dentro o en la periferia del lote (Cucchi, 2020). La conjunción de especies forman estructuras que se encuentran en la bibliografía con diversas denominaciones: cultivos auxiliares, setos florales, plantas refugio, franjas de biodiversidad, corredores biológicos o verdes, entre otros (Cucchi, 2020; Ibáñez *et al.*, 2021; Salas F., 2021).

En los casos en los cuales los productores decidan instalar corredores de biodiversidad, un primer paso de gran importancia es el de seleccionar las especies que conformarán dicha estructura.

### **Elección de especies**

Rodríguez Navarro & González Fernández (2014) han planteado diversos criterios para la selección de las plantas que pueden conformar setos o corredores, asignando a cada uno de ellos diferentes valores de importancia (ponderación  $W_i$ ).

El primer criterio, y el más importante, es priorizar el uso de plantas nativas ya que se encuentran adaptadas a las condiciones de clima y suelo de cada zona. Además de disminuir el riesgo ante plantas que puedan resultar invasoras, probablemente la seguridad de establecimiento sea mayor, así como también su supervivencia y repoblación en caso de corredores permanentes. En este punto es relevante destacar que el uso de este tipo de plantas va de la mano de la disponibilidad de las mismas (Rodríguez Navarro & González Fernández, 2015)

En segundo lugar, dado el riesgo que conllevan las enfermedades víricas en los cultivos, es prioritario que las especies utilizadas no sean potenciales reservorios de virus hortícolas, ni ofrezcan mejor refugio a trips virulíferos que posteriormente ataquen a los cultivos. *Frankliniella occidentalis*, conocido como el trips de las flores, afecta a varios cultivos hortícolas de manera directa e indirecta (pimiento, lechuga, tomate). En este sentido, es una de las especies con mayor eficiencia en la transmisión del virus de la peste negra del tomate (TSWV, Tomato Spotted Wilt Virus) (Viglianchino, 2013). D'Amico (2016), luego de un estudio realizado en vegetación espontánea del Cinturón Hortícola Platense, concluyó que especies como *Trifolium repens* y *Lotus tenuis* podrían ser perjudiciales por albergar trips.

Dado que el objetivo de los refugios es atraer a los enemigos naturales y favorecer su permanencia en los mismos, las plantas no solo deben ofrecer recursos alimenticios en forma de polen y/o néctar, sino también asegurar su accesibilidad. Entre las familias productoras de polen se menciona a las Cruciferae, Cistaceae y Compositae, mientras que como plantas nectaríferas a las familias Lamiaceae, Boraginaceae, Scrophulariaceae, Ericaceae y algunas Fabaceae (Rodríguez Navarro & González Fernández, 2014).

De igual importancia que la disponibilidad de polen y néctar, son la presencia de refugios y/o nectarios extraflorales. Por un lado, ciertas estructuras de las plantas pueden considerarse como refugios que les permiten a los enemigos naturales protegerse de otros depredadores y de condiciones abióticas adversas. Loughner *et al.* (2010) exponen una fuerte correlación positiva entre tricomas no glandulares en hojas o tallos y la abundancia de diversas especies de ácaros fitosei-

dos depredadores. Por otro lado, los nectarios extraflorales constituyen una fuente extra de alimento para los controladores biológicos que suele ser independiente de la floración. En general, la posición de los mismos y el momento de funcionamiento exponen vulnerabilidades en una planta que puede beneficiarse de la protección de organismos como hormigas, arañas y avispas atraídos por el néctar extrafloral (Koptur, 2013).

Entre los criterios a considerar también se encuentra el período de floración de cada especie. El objetivo es el de mantener durante el mayor tiempo posible disponibilidad de alimento para la entomofauna benéfica. De esta manera, se deben buscar especies que florezcan de manera secuencial a lo largo del año, privilegiando aquellas con una floración más prolongada. También será útil seleccionar especies de floración más temprana que el inicio de la temporada hortícola, ya que atraerá a los enemigos naturales oportunamente (Cárcamo *et al.* 2021).

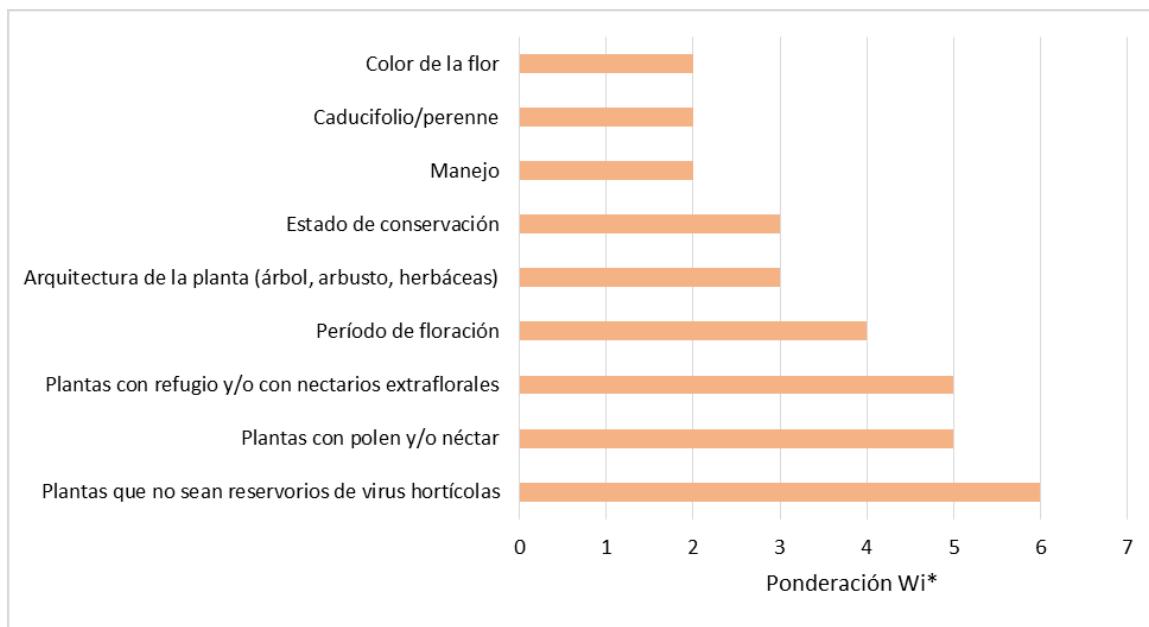
La arquitectura de la planta es otro elemento por analizar a la hora de hacer la selección ya que condiciona en primer lugar el establecimiento y manejo del área de biodiversidad y luego la diversidad y abundancia de especies. Las especies arbóreas además de constituir áreas de bajo riesgo dado el bajo aporte de plagas que pueden hacer a cultivos hortícolas, son valiosas en cuanto a su aporte de recursos alimentarios y refugio para los enemigos naturales. Sin embargo, en planteos hortícolas pueden generar problemas de sombreo en los invernaderos adyacentes (Altieri & Nicholls, 2010). Las especies arbustivas serían las que ofrecen mayor cantidad de recursos a los enemigos naturales de las plagas, pero serían útiles solo en zonas no arables de los sistemas productivos. Por último, el uso de plantas herbáceas implicaría un constante manejo y siembra por parte de los productores al tener ciclos de vida cortos (anuales y/o bianuales) (Rodríguez Navarro & González Fernández, 2014). Este tipo de especies podrían ser útiles en planteos de franjas temporales como el desarrollado por Díaz (2020), donde se asoció al cultivo de lechuga plantas de aliso (*Lobularia marítima*) (Imagen 5). Según lo señalado por la autora, se realizó el trasplante en el mes de marzo tras biosolarizar el invernadero en verano y se mantuvo a lo largo del ciclo productivo anual (principios de diciembre). En este caso, comprobaron un aumento en la acción depredadora de las moscas sírfidas sobre las especies de pulgones.



**Imagen 5.** Desarrollo de las plantas de *Lobularia marítima* a los 4 meses después de la implantación. Fuente: Díaz, B. M. (2020).

Entre los criterios de menor relevancia se encuentran el follaje y el color. En este sentido se señala que debe evitarse conformar espacios de vegetación monoespecíficos y monocromáticos. Además, en cuanto al follaje, las especies de follaje denso sostienen a un mayor número de enemigos naturales que aquellas de follaje escaso, hojas pequeñas y caducas (Grafico 1).

**Grafico 1.** Criterios utilizados para la selección de las plantas candidatas a conformar los refugios vegetales. Adaptado de Rodríguez Navarro & González Fernández (2014).



\*Ponderación Wi: indica el valor de importancia asignado a cada criterio: 1 = muy bajo; 2 = bajo; 3 = medio; 4 = medio alto; 5 = alto; 6 = muy alto.

### Plantas banco

Una alternativa a la incorporación de plantas dentro del lote son las plantas banco (“banker plants”). Se denomina planta banco a una planta, contenida en una maceta, que es infectada por un herbívoro que no es plaga del cultivo comercial, pero sirve como huésped o presa alternativa para los enemigos naturales de la misma. De esta manera, les permiten a los enemigos naturales reproducirse y sobrevivir por largos períodos en ausencia de la plaga principal. Pueden colocarse dentro del cultivo, ya sea entre las líneas de plantación, o en los laterales y cabezales de la parcela productiva (Andorno *et al.*, 2014; Díaz, 2021).

Entre las ventajas de utilizar plantas banco se encuentra su fácil movilidad para colocarlas en lugares donde haya focos de plagas y la posibilidad de reponer rápidamente las plantas cuando se encuentran saturadas de parásitoides. En contraparte, una desventaja de este tipo de sistema podría ser la necesidad de realizar el riego manual de cada maceta, acentuado en períodos de altas temperaturas (Castresana & Paz, 2018).

De acuerdo a lo expuesto por González F. *et al.* (2015), esta estrategia ha sido empleada con éxito en el cultivo de pimiento para manejar los niveles de pulgones (áfidos). Se utiliza un cereal en maceta que mantiene una población de áfidos específicos de cereales (por ejemplo, *Rhopalosiphum padi* “pulgón de la avena”). Este sirve de huésped a la avispa parásitoide *Aphidius*

*colemani*, la cual permite manejar la plaga del pimiento *Myzus persicae* “pulgón verde del duraznero”. Al respecto, se han obtenido respuestas positivas en un ensayo realizado en nuestra facultad. En dicha experiencia se introdujeron en el invernadero de la Estación Experimental Julio Hirschhorn macetas con trigo que albergaban “pulgón de la avena” parasitado por *A. colemani*, observándose una regulación de las poblaciones del “pulgón verde del duraznero” compatible con una producción rentable (Ricci *et al.*, 2012).

## Conclusiones

El porcentaje de adopción de estrategias más sustentables es aún bajo, lo que indica que para los productores no resultan atractivas. Aunque son conscientes de las problemáticas asociadas al monocultivo, la excesiva labranza y el uso indiscriminado de productos químicos de síntesis (fertilizantes y fitosanitarios), muchos continúan produciendo de la misma manera por diversos motivos: rentabilidad, escala productiva, especialización e insuficiente valor de otros cultivos dentro de la rotación. Indiscutiblemente, las consideraciones económicas han influido e influirán sobre las prácticas a implementarse en los establecimientos. Uno de los principales obstáculos es el desajuste económico a corto plazo, que impide a muchos productores asumir la transición, aun cuando esta prometa mejoras sustanciales en el largo plazo. Sin embargo, es necesario realizar un análisis complejo, que incluya los impactos en el sitio y fuera del mismo (Karlen, 1994; FAO, 2012; Barón, 2013).

El uso de prácticas como las presentadas en este capítulo requiere del conocimiento del sistema productivo y de las relaciones entre sus componentes y la eficacia de cualquiera de ellas en un sitio no significa que sea reproducible en otro. En consecuencia, y de acuerdo con lo expresado por Céspedes León & Vargas Schulde (2021), es prioritario considerar los efectos directos e indirectos que puedan ocasionar las prácticas de manejo a implementar, ajustándolas a las necesidades locales. Por ello, la planificación de sistemas hortícolas de mayor sustentabilidad implica grandes desafíos desde el punto de vista agronómico, poniendo en juego los conocimientos de productores y profesionales del sector.

De acuerdo con lo expuesto por FAO (2012), los sistemas de producción se diferencian por su generación de ingresos, capacidad de resistencia e impacto ambiental. Van desde sistemas donde se invierten grandes cantidades de capital, utilizando semillas mejoradas, fertilizantes y productos químicos, hasta sistemas con escasos insumos en los que la tierra y la mano de obra constituyen los principales. En función de la gestión de la cual sean objeto, ambos sistemas pueden agotar los recursos naturales y contaminar el ambiente. Buscando evitarlo, la adopción de cada estrategia y su desarrollo a campo dependerá de cada productor y establecimiento productivo, dada la gran variabilidad que hay entre los mismos. En este contexto, resulta fundamental contar con el respaldo de políticas e instituciones públicas y privadas, que contribuyan a reducir las barreras de entrada a sistemas productivos más sustentables.

Si bien la adopción de nuevas estrategias implica un mayor análisis del medio productivo, de las interrelaciones entre sus componentes y de los costos conlleva su implementación, no debe dejarse de lado que los esfuerzos realizados sin dudas colaboran a obtener productos de calidad, preservando el medio ambiente.

## Referencias

- Achicanoy, H.** 2001. Estrategias integradas para el control de enfermedades de las plantas. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. 54(1-2), p.12451-1273.
- Adlercreutz, E. & Francucci, M.** 2018. Biosolarización en suelos hortícolas con presión de nematodos y enfermedades del complejo dumping off en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata. En: Libro de Resúmenes de Trabajos. XL Congreso Argentino de Horticultura, Córdoba, Argentina. ISSN 1851-9342
- Adlercreutz, E., Huarte, R., López Cameló, A., Manzo, E., Szczesny, A. y Viglianchino, L.** 2014. Producción hortícola bajo cubierta (1a ed.). Ediciones INTA.
- Adlercreutz, E. G. A.** 2013. Manejo integrado de plagas. Agencia de Extensión Rural Mar del Plata, INTA. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/manejo-integrado-de-plagas> Último acceso: 15/09/2022
- Alconada Magliano, M. M.** 2021. Capítulo 3: Suelo, agua y manejo en producciones intensivas del Gran La Plata. En: Producción hortícola periurbana: aspectos técnicos y laborales. 2020. Coordinadoras: Martínez, S. B., Carbone, A. V. y Garbi, M. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.
- Alconada Magliano, M. M., Cuellas, M. V., Poncetta, P., Barragán, S., Inda, E., Mitidieri, A.** 2011. El cultivo de tomate protegido: I-Nutrición nitrogenada. Efectos en el suelo y la producción. Horticultura Argentina, 30 (72), 5-13. Disponible en: <https://www.horticulturaar.com.ar/es/pdf/85/fertilizacion-en-cultivo-de-tomate-protegido-i-nutricion-nitrogenada-efectos-en-el-suelo-y-en-la-produccion.pdf> Último acceso: 11/09/2022.
- Altieri, M. A.** 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Disponible en: <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf> Último acceso: 11/09/2022
- Altieri, M. & Nicholls, C.** 2010. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. Sociedad Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). 80 p.
- Andorno, A.V.; Botto, E.N.; La Rossa, F.R.; Möhle, R.** 2014. Control biológico de áfidos por métodos conservativos en cultivos hortícolas y aromáticas. Buenos Aires: Ediciones INTA, 48 p.
- Argerich, A., & Troilo, A.** 2011. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena de tomate. INTA. FAO. Buenos Aires. 262 pp. Disponible en: <https://www.fao.org/publications/card/es/c/66a77135-afee-5084-bb98-01b640aeaec0/> Último acceso: 23/08/2022

- Barón, C.** 2013. Sanidad en Cultivos de Tomate bajo invernadero en la zona de La Plata. Enfermedades y Plagas en el Monocultivo de Tomate. Limitantes para la adopción de técnicas de MIP. En: Mitidieri, M.S. & Francescangeli, N. (Eds.), Curso Sanidad en cultivos intensivos 2013. Módulo 2: Tomate y pimiento: cómo mantener la sanidad de manera responsable (1<sup>a</sup> ed., pp. 86). San Pedro, Buenos Aires: Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-431-6
- Bertolotto, M. & Marzetti, M.** 2017. Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura. Bases para su manejo en sistemas de producción. ISSN N° 2250-5350 (versión on-line). Volumen VII - Año 2017. Editora Responsable - REM-AAPRESID. Disponible en: [https://is-suu.com/aapresid/docs/cultivosdecoberturarem\\_final](https://is-suu.com/aapresid/docs/cultivosdecoberturarem_final) Último acceso: 13/09/2022
- Calandrelli, L. & Falcón, M. L.** 2018. Efectos de enmiendas orgánicas sobre el suelo y cultivo de lechuga protegido. Tesis de grado. FCAYF, UNLP. Disponible en: <http://se-dici.unlp.edu.ar/handle/10915/69820> Último acceso: 11/09/2022.
- Camí Marnet, B.** 2014. Ficha técnica PAE N° 22. La rotación de cultivos y los abonos verdes en horticultura ecológica. Generalitat de Catalunya. Disponible en: [http://pae.gen-cat.cat/web/.content/al\\_alimentacio/al01\\_pae/05\\_publicacions\\_material\\_referencia/arxius/FichaPAE22\\_Rotacion.pdf](http://pae.gen-cat.cat/web/.content/al_alimentacio/al01_pae/05_publicacions_material_referencia/arxius/FichaPAE22_Rotacion.pdf) Último acceso: 4/10/22
- Cánova Fernández, A.** 1993. Tratado de Agricultura ecológica. Instituto de Estudios Almerienses.
- Carbelo L.; Ocampo A.; Dell Inocenti F.; Bima P.** 2018. Crecimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) como respuesta al agregado de compost en tres años de producción. En Libro de Resúmenes, XL Congreso Argentino de Horticultura. Córdoba, Argentina. Horticultura Argentina 37 (94): Sep. – Dic. 2018. ISSN de la edición on line 1851-9342.
- Cárcamo G., J. et al.** 2021. Ficha técnica 141: Bandas florales como complemento a la producción hortícola sustentable de Magallanes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Kampenaike, Chile.
- Castresana, J. & Paz, R.** 2018. En: Manejo Agroecológico del pulgón en cultivo de Pimiento. INTA Concordia. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_concordia\\_ma-nejo\\_agroecologico\\_del\\_pulgón\\_en\\_cultivo\\_de\\_pimiento.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_ma-nejo_agroecologico_del_pulgón_en_cultivo_de_pimiento.pdf) Último acceso: 16/09/2022
- Cátedra de Horticultura, FAA, UNSE.** 2003. Apunte de Horticultura.
- Cespedes L., M. C.** 2012. Producción hortofrutícola orgánica. Boletín INIA N° 232. 192 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- Céspedes León, C.; Infante, A.; Espinoza T., S.** 2021. Capítulo 5. Principios y prácticas de sistemas productivos con criterios agroecológicos. En: Céspedes León, C. & Vargas Schuldes, S. (Eds.) 2021. Agroecología. Fundamentos y técnicas de producción, y experiencia en la Región de Los Ríos. Libro INIA N° 45, 370 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile. ISBN: 978-956-7016-55-6.
- Cisternas A., E & Rodríguez A.** 2021. Capítulo 5. Manejo sustentable de artrópodos plaga. En Ovalle M, C. & Quiroz P., M. 2021. Manual de prácticas agrícolas para una agricultura sustentable. Boletín INIA N° 426, 206 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias La Cruz. Chile.
- Cucchi, Nello J.A.** 2020. Agricultura sin plaguicidas sintéticos: manejo agroecológico de plagas en cultivos argentinos. INTA Ediciones, Estación Experimental Agropecuaria Mendoza. 900 p.

- Cuellas, M., & Alconada Magliano, M. M.** 2018. La nutrición del cultivo de pimiento protegido con prácticas de drenaje. Revista De La Facultad De Agronomía, 117(1), 117–125. Disponible en: <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/7324> Último acceso 11/09/22
- Curcio, N.** 2019. Manual de buenas prácticas de manejo para la producción de hortalizas orgánicas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Disponible en: <https://hdl.handle.net/11324/8176> Último acceso 04/10/22
- D'Amico, M.** 2016. Dinámica del complejo trips-tospovirus en la vegetación espontánea. Objeto de conferencia, III Congreso Internacional Científico y Tecnológico, La Plata. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/57499> Último acceso: 15/09/2022
- D'Amico, J. P.; Caracotche, M. V.; Varela, P.** 2016. Labranza cero en la producción de hortalizas pesadas bajo riego. Estación Experimental Hilario Ascasubi, INTA. Disponible en: [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12329/INTA\\_CRBsAs-Sur\\_EEAHilarioAscasubi\\_DAmico\\_JP\\_Labranza\\_cero\\_produccion\\_hortalizas\\_pesadas\\_bajo\\_riego\\_0.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12329/INTA_CRBsAs-Sur_EEAHilarioAscasubi_DAmico_JP_Labranza_cero_produccion_hortalizas_pesadas_bajo_riego_0.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Último acceso: 24/09/2022
- Del Pino, M.** 2020. Capítulo 8: Manejo de cultivos en el contexto de producción orgánica. En: Producción hortícola periurbana: aspectos técnicos y laborales. 2020. Coordinadoras: Martínez, S. B., Carbone, A. V. y Garbi, M. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.
- Díaz, B. M.** 2015. Control biológico por conservación. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/control-biologico-por-conservacion> Último acceso: 15/09/2022
- Díaz, B. M.** 2020. El uso del aliso -Lobularia maritima- para promover artrópodos benéficos en el agroecosistema hortícola. Ediciones INTA, Estación Experimental Agropecuaria Concordia. 29 p.
- Díaz, B. M.** 2021. Uso de plantas funcionales en horticultura. Disertación 41º Congreso Argentino de Horticultura, V Simposio de Aromáticas, Medicinales y Condimenticias. La Plata. Disponible en: <https://www.horticulturaar.com.ar/es/articulos/disertaciones-de-horticultura-41-congreso-argentino-de-horticultura.html> Último acceso: 4/10/22
- Díaz, D.; Galli, A.; Berges, M.; Cazorla, C.; Velazquez, M.; Lupi, L.; Rubió, M.** 2014. La huerta orgánica familiar. INTA. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12123/16089> Último acceso: 4/10/22
- FAO.** 2012. Hacia el futuro que queremos. Acabar con el hambre y hacer la transición a sistemas agrícolas y alimentarios sostenibles. Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/an894s> Último acceso: 13/09/2022
- FAO.** 2022a. Cobertura vegetal del suelo. Disponible en: <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/> . Último acceso: 13/09/2022
- FAO.** 2022b. Principios de la agricultura de conservación. Disponible en: <https://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/conservation-agriculture-principles/es/> Último acceso: 4/10/22
- FAO.** 2022c. Diversificación de especies. Disponible en: <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/species-diversification/es/> Último acceso: 23/08/2022.

- Fayad, J. A., Arl, V., Comin, J. J., Mafra, A. L., & Marchesi, D. R.** Sistema de Plantio Direto de Hortaliças. Método de transição para um novo modo de produção. Epagri: Florianópolis, 2019. ISBN 978-85-7743-365-0
- García, M.** 2016. Acerca de la sustentabilidad y racionalidad del modelo productivo hortícola platense. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/131645> Último acceso: 11/09/2022.
- German, L.; Vitale, J.; Waldman, C.; Castañeda, N.** 2019. Estimación de superficie de invernáculos en el Partido de La Plata, mediante dos algoritmos de inteligencia artificial en la plataforma Google Earth Engine. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/88069> Último acceso: 11/09/2022.
- Gilsanz, J. C.** 2015. Cartilla N° 52. Abonos verdes. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4868/1/052-HORTICULTURA.pdf> Último acceso: 4/10/22
- Golik, S. I.** 2017. Manual de buenas prácticas agrícolas. 1a ed . La Plata. 101 p. ISBN 978-987-42-5392-7
- González Fernández, M. & Rodríguez Navarro, E.** 2015. ¿Será una realidad el control biológico por conservación en los invernaderos de Almería? Disponible en: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/133520-Sera-una-realidad-el-control-biologico-por-conservacion-en-los-invernaderos-de-Almeria.html> Último acceso: 15/09/2022
- González Fernández, M.; Benítez León, E.; Rodríguez Navarro, E.** 2015. Ficha de transferencia N° 7. Diseño de infraestructuras ecológicas en zonas invernadas. Fundación Cajamar.
- Guanche García, A.** 2010. Planificación de cultivos hortícolas. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife. 28 p.
- Herbario Virtual.** s.f. Viruela o Mancha foliar de Tomate por Septoria (Septoria lycopersici) Cátedra de Fitopatología. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Disponible en: [https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page\\_id=12720](https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=12720) Último acceso: 11/09/2022
- Holgado Cabrera A. & Gonzalez Sánchez E. J.** 2016. Decálogo de Buenas Prácticas Agrarias. Climagri. 60 pp. ISBN: 978-84-09-09416-5
- Ibáñez, Y.; Teves, P.; Dell'Arciprete Giglio, L. A.; Juan, L.; Urretabizkaya, N.** 2021. Determinación de la biodiversidad de insectos en paisajes multifuncionales. En: Libro de resúmenes 41º Congreso Argentino de Horticultura. Asociación Argentina de Horticultura. 446p.
- Jiménez M., E.** 2009. Métodos de Control de Plagas. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10J61me.pdf> Último acceso: 11/09/2022
- Karlen, D. L.; Varvel, G. E.; Bullock, D. G.; Cruse, R. M.** 1994. Advances in Agronomy, Volume 53. Crop Rotations for the 21st Century. 1–45. doi:10.1016/S0065-2113(08)60611-2
- Longone, M. V. & Escoriaza, M. G.** 2019. Rotación de cultivos hortícolas. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/rotacion-de-cultivos-horticolos> . Último acceso: 23/08/2022.
- Madeira, N.; Vieira, M. M.; Oliveira, C. S.; Oliveira, M. T.; Müller, M. M. L.** 2019. Circular técnica 168. Cultivo do tomateiro em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH). Embrapa Hor-

- taliças. 30 p. ISSN 1415-3033. Disponible en: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1111562/cultivo-do-tomateiro-em-sistema-de-plantio-direto-de-hortalicas-spdh> Último acceso: 24/09/2022
- Madeira, N., Lima, C., Melo, R.** 2015. Cultivo de hortalizas en sistemas de plantío directo (SPDH) paraagricultura convencional y orgánica: Estrategia para el control de arvenses y mejoramiento de propiedades físicas y químicas del suelo. Conference: Seminario Internacional de cultivo hortícola de altas temperaturas para el Caribe Colombiano, At Cereté – Colombia
- Muguiro A.; Pechin, C.; Álvarez, C.; Grasso R.** 2021. Cultivos de cobertura en sistemas hortícolas intensivos bajo cubierta. En: Cultivos intensivos bajo cubierta Investigación, Desarrollo e Innovación en el marco del Proyecto Estructural 009. Año 2, nro. 2.
- Nicholls Estrada, C.** 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Universidad de Antioquia. Colombia. 294 pp. ISBN 978-958-714-186-3.
- Ovalle M. Carlos (Ed.)** 2020. Cubiertas vegetales: una herramienta fundamental para el manejo sustentable del suelo en huertos frutales, viñedos y hortalizas. Boletín INIA N° 425, 106 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. La Cruz, Región de Valparaíso. Chile.
- Passalacqua S. A. & Padín, S. B.** 2021. Capítulo 9. Manejo de las plagas en la producción hortícola. En: Margarita Alconada Magliano [et al.]; coordinación general de Susana Beatriz Martínez; Alejandra Victoria Carbone; Mariana Garbi.- Producción hortícola periurbana: Aspectos técnicos y laborales. 1a ed.- La Plata: Universidad Nacional de La Plata; EDULP. Libro digital, PDF/A - Libros de Cátedra. ISBN 978-950-34-2008-9.
- Pinto, P. & Piñeiro, G.** 2018. Cultivos de servicios, un cambio de paradigma en la agricultura. En: Revista de divulgación de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Nuestro Suelo Volumen 0. Editor: Divito, G. A. Disponible en: <http://www.suelos.org.ar/sitio/wp-content/uploads/2018/12/revista-web.pdf> Último acceso: 13/09/2022
- Piñeiro, G.** 2016. Cultivos de servicios, contra el deterioro de los campos. Disponible en: <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/cultivos-de-servicios-contra-el-deterioro-de-los-campos/> Último acceso: 13/09/2022
- Regueira, E.** 2018. Endófitos promotores del crecimiento vegetal del tomate [*Solanum lycopersicum* (L.)]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68971> Último acceso: 11/09/2022
- Renzi, J. P.** 2013. Vicias: Bases agronómicas para el manejo en la Región Pampeana. ISBN: 978-987-521-470-5. Ediciones INTA. Argentina.
- Restrepo Salazar, J. C.; Cuéllar Pino, C. A.; Puentes Rojas, D.** 2012. Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas - Medidas para la temporada invernal. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/bb883b42-80da-4ae5-851f-4db05edf581b/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-hortalizas.aspx> Último acceso: 11/09/2022
- Ricci, M.; Culebra Mason, S.; Guaymasí, D.; Martínez, S.; Andreau R.; Peña, J. M.** 2012. Control biológico de pulgones en pimiento bajo cobertura. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62651> Último acceso: 4/10/22

- Rivera, M. C. & Wright, E. R.** 2020. Apuntes de patología vegetal: fundamentos y prácticas para la salud de las plantas. 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía. Libro digital, ISBN 978-987-3738-30-2. Disponible en: [https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/apuntes\\_de\\_patologia\\_vegetal\\_0.pdf](https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/apuntes_de_patologia_vegetal_0.pdf) Último acceso: 14/09/2022
- Rodriguez Navarro, E. & González Fernández, M.** 2014. Ficha de transferencia N° 4. Vegetación autóctona y control biológico: diseñando una horticultura intensiva sostenible. Fundación Cajamar - Grupo cooperativo Cajamar. 14 p. Disponible en: <https://www.cajamar.es/storage/documents/004-vegetacion-autoctona-1403862179-cb95f.pdf> Último acceso: 15/09/2022
- Salas, F.; Espinoza, S.; Infante, A.; Céspedes, C.** 2021. Capítulo 10. Manejo ecológico de insectos y ácaros plagas. En Céspedes L., Cecilia; Vargas Sch., Sigrid (Eds.) 2021. "Agroecología. Fundamentos y técnicas de producción, y experiencia en la Región de los Ríos". Libro INIA N° 45, 370 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile.
- Salas F., C.** 2021. Capítulo 6. Biodiversidad y manejo de hábitats como método conservacionista para control de plagas agrícolas. En: Ovalle M., C. y Quiroz P., M. (Eds) "Manual de prácticas agrícolas para una agricultura sustentable". Boletín INIA N° 426, 206 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias La Cruz, Chile. ISSN 0717-4829.
- Silva, P., Vergara, W., & Acevedo, E.** 2015. Rotación de cultivos. Rastrojo de Cultivos y Residuos Forestales, Programa de Transferencia de Prácticas Alternativas al Uso del Fuego en la Región del Biobío. Boletín INIA N°308, 196p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile, 49-68. Disponible en: <https://agrohuertos.com/wp-content/uploads/2020/10/NR40199.pdf> Último acceso: 23/08/2022.
- Téllez Navarro, M. del M., González, F. A., Gallego, P. S., & Ortiz, J.** 2010. Guía ilustrada de plagas y enemigos naturales en cultivos hortícolas en invernadero. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 87 p.
- Viglianchino, L. E.** 2013. Control integrado de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) con insecticidas y liberaciones de *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) sobre pimiento en invernadero. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. Esperanza, Santa Fe.
- Villalaín, P., Rodríguez Navarro, E., & González Fernández, M.** 2016. Seleccionando especies para el control biológico por conservación en invernaderos de Almería: tomillo de invierno (*Thymus hyemalis*) y el parasitoide de minadores *Cirrospilus* sp. En: Revista Phytoma España. N° 280.

## CAPÍTULO 3

# Rol de las plantas y del suelo en la producción de hortalizas sanas

*Delfina V. Guaymasí, Marco D'Amico,*

*María Eugenia Sánchez de la Torre*

La producción de hortalizas en el Cinturón Hortícola Bonaerense (CHB) se caracteriza por el cultivo de productos a campo para el consumo en fresco de la población de los grandes centros urbanos que incluye Capital Federal, el gran Buenos Aires, La Plata, el gran La Plata y sus alrededores. Dentro del CHB, se puede identificar el Cinturón Hortícola Platense (CHP), contando con un área cultivada de 7538 ha, de las cuales corresponden a invernáculos 4677 ha (62%) y a campo las restantes 2861ha (38%) (Benencia, Cáttaneo, y Fernández, 1997; Fogel, 2012).

Unas cuarenta especies de productos hortícolas se ofrecen al consumo a lo largo del año, entre los cuales se destacan, por la mayor proporción dentro del total, las verduras de hoja como lechuga, acelga, espinaca, y los frutos, como el tomate, el pimiento y la frutilla. En lo que se refiere a los productos cultivables en invernáculo, existe un grupo de hortalizas sensibles a las heladas y que se adapta bien al cultivo bajo cobertura como Solanáceas (tomate, pimiento, berenjena) y Cucurbitáceas (pepino, melón, zapallito, zapallo, sandía) y otras como la chaucha y la albahaca, algunas de las cuales son cultivadas desde hace tiempo en la zona. También encontramos otras especies resistentes a bajas temperaturas y que, por diferentes razones, son conducidas bajo invernáculo, con el fin de lograr una mayor calidad, como el apio, la frutilla, la achicoria, el rabanito y la espinaca. Además, también se cultivan otras hortalizas como acelga, perejil, maíz dulce, lechuga, cebolla de verdeo, nabo, col china y sandía entre otras. La amplia gama de posibilidades en materia de especies que se observa permitiría diseñar una adecuada programación del cultivo protegido a lo largo del año (Benencia, Cáttaneo y Fernández, 1997).

Al estar las plantas protegidas, se producen dentro del invernáculo condiciones ambientales que posibilitan el crecimiento y la producción de cultivos fuera de su época normal de desarrollo al aire libre. Además, como muchos de los factores de la producción están controlados, el rendimiento y la calidad de los productos obtenidos es mayor que en los cultivos a campo. Además de las ventajas enumeradas, también existen algunas dificultades o desventajas a tener en cuenta al realizar el cultivo bajo invernáculo. Por un lado, los costos de producción son superiores respecto de los cultivos al aire libre, debido a los insumos necesarios para la construcción y mantenimiento del invernáculo (Benencia, Cáttaneo, y Fernández, 1997). Y, por

otro lado, así como el cultivo se encuentra protegido y las condiciones ambientales son favorables para su crecimiento y desarrollo por un período de tiempo más prolongado, tales condiciones también son propicias para la aparición y desarrollo de factores bióticos adversos como plagas y enfermedades.

## Manejo Sanitario del Cultivo

En las últimas décadas se han producido una serie de cambios en la horticultura argentina, y en particular en el Cinturón Hortícola Bonaerense (CHB), entre los que se puede mencionar el avance de un proceso de modernización tecnológica que incluyó la aparición de los invernáculos, iniciado en la segunda mitad de los años 80, sumado a la utilización de ciertos agroquímicos en los cultivos; la implementación de nuevos sistemas de riego; el empleo de tractores de mayor potencia; a la generalización del uso de semillas híbridas y mejoradas, etc. (Benencia, Cáttaneo y Fernández, 1997)

A pesar de los cambios mencionados y la diversidad de cultivos, desde que el hombre se convirtió en agricultor se vio en la necesidad de combatir las plagas que atacan a sus cultivos, las que provocan una disminución de su cosecha y, por ende, su fuente de alimentación. Las plagas representan uno de los factores limitantes para la agricultura, debido a que su rápido desarrollo puede destruir cultivos o cosechas completas en poco tiempo. Según estimaciones de la FAO, las pérdidas económicas en los cultivos, ocasionadas por plagas, fluctúan entre un 25 y 35%, variando en magnitud de acuerdo a la región, año, tipo de cultivo y plaga considerada (Fogel, 2012).

Los problemas sanitarios, como las plagas y las enfermedades, se presentan como consecuencia de condiciones que favorecen su desarrollo. En este sentido, las características del suelo, su fertilidad, el material de propagación utilizado y la ayuda de técnicas adecuadas de manejo nos darán la posibilidad de minimizar los efectos perjudiciales en el cultivo y evitar la contaminación de alimentos, de personas y del ambiente por el uso indiscriminado de tratamientos químicos (SENASA, 2010).

Para combatir las plagas, la agricultura convencional ha aplicado a través de los años, distintas prácticas como la rotación y asociación de cultivos, desarrollo de variedades resistentes, siendo la utilización de productos fitosanitarios una de las primeras opciones a las que se recurre en la mencionada lucha contra las plagas (Fogel, 2012).

Es necesario destacar que, de todos los organismos potencialmente perjudiciales para los cultivos, solo un muy pequeño porcentaje termina siendo un problema que requiere medidas de control. Por esta razón, para minimizar los problemas sanitarios debemos trabajar en la preventión, el monitoreo y la implementación de un Manejo Integrado de Plagas (SENASA, 2010).

Se entiende al **Manejo Integrado (MI) de la sanidad** como un sistema que reúne de manera compatible todas las técnicas posibles para mantener a las plagas y enfermedades por debajo de los niveles que produzcan daño económico al cultivo. Es el conjunto de medidas, al atacar a

un problema sanitario desde distintos flancos, lo que garantiza su éxito. La fuerza de la estrategia del MI radica justamente en no centrarse en ninguna técnica en particular. El MI se basa en dos tipos de acciones: la primera involucra a todas las medidas tendientes a la **prevención** del ataque de plagas y enfermedades, incluyendo la eliminación de rastrojos, la sanidad de los almácigos y semillas, la buena nutrición e irrigación al cultivo, la rotación y asociación de cultivos, entre otras. La segunda acción involucra a todas las medidas de **intervención** y **control** que lleven al uso racional de productos fitosanitarios como última medida, ya que el MI incluye diversos métodos físicos, mecánicos, biológicos, legales, culturales. Todo tratamiento fitosanitario debe tener una justificación técnica para lo cual debe basarse en un método objetivo de diagnóstico (Guaymasí y D'Amico, 2021; Polack y Mitidieri, 2005, 2012; SENASA, 2010,).

**Nunca se deben realizar aplicaciones de productos fitosanitarios preventivas o por calendario**, debiendo adecuar las mismas a los casos estrictamente necesarios y siguiendo las indicaciones de **personal** adecuadamente **capacitado** para su utilización (SENASA, 2010).

Dentro de este universo de acciones, el **Monitoreo de Plagas y Enfermedades (MPyE)** es una de las herramientas y pilares fundamentales de la producción sustentable. Cualquier estrategia que intente resolver problemas sanitarios de una manera racional debe partir del reconocimiento de las plagas y enfermedades que atentan contra el rendimiento y la calidad de la producción, así como también organismos benéficos como enemigos naturales, polinizadores, antagonistas de enfermedades, etc. El MPyE permite tomar decisiones acertadas sobre qué principio activo utilizar cuándo y cómo aplicar un plaguicida (Guaymasí y D'Amico, 2021; Mitidieri y Polack, 2012).

El **Monitoreo** permite la localización, cuantificación e identificación del problema, así como de los organismos benéficos presentes en el cultivo. Para ello se deberá contar con personal capacitado, para la correcta identificación de los problemas sanitarios y de la presencia de organismos benéficos antes y durante el cultivo. Esto permitirá aplicar medidas de manejo preventivas previas al desarrollo de los organismos dañinos, evitando o disminuyendo el uso de medidas de control. Para esto se pueden utilizar muestreos directos sobre el terreno y el cultivo o muestreos indirectos sobre partes de las plantas o sus órganos y el uso de trampas como las de alimentación, de color, de luz, de feromonas, etc. Estas alternativas permiten detectar posibles problemas y aplicar oportunas medidas de control (SENASA, 2010).

De este modo, a través del monitoreo y el conocimiento de los **Umbráles de Daño (UD)** (cantidad de plaga necesaria para afectar económicamente la producción) y el **Umbral de Acción (UA)** (momento hasta el que podemos esperar para intervenir con una medida de control) permitirán tener valores de referencia al momento de tomar decisiones sobre medidas de control a implementar (SENASA, 2010).

Así, con la implementación de las distintas técnicas del MI de Plagas se busca la compatibilidad entre el control químico con insecticidas más selectivos en función de los organismos plagas presentes, y el control biológico, priorizando la conservación de la fauna benéfica como los enemigos naturales (EN) de presencia espontánea en los agroecosistemas. Los EN son el componente básico del control biológico, comprendiendo parasitoides, depredadores y patógenos

(incluidos hongos, virus, bacterias y protozoarios), por lo que su biología y ecología difieren ampliamente al provenir de diversos grupos taxonómicos (Fogel, 2012).

El **Control Biológico** involucra el uso de poblaciones de EN como parasitoides, depredadores y patógenos, con el fin de manejar y controlar las poblaciones de plaga a densidades menores, ya sea temporal o permanentemente. En algunos casos, las poblaciones de EN son manipuladas para causar un cambio permanente en las redes alimenticias que rodean a la plaga. El concepto de control biológico hay que diferenciarlo del control natural, que es el control que sucede en las poblaciones de organismos sin intervención del hombre y que incluye además de enemigos naturales la acción de los factores abióticos del medio (Fogel, 2012).

## Control de plagas en el Cinturón Hortícola Platense

En el CHP, el control de plagas se realiza casi exclusivamente a través del Control Químico, mediante el empleo de diversos productos fitosanitarios (insecticidas, fungicidas y herbicidas), prevaleciendo el uso de aquellos de amplio espectro (organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides). La frecuencia de tratamiento depende del tipo y sistema de cultivo (bajo cubierta o a campo) pero en general no se realizan rotaciones entre grupos de plaguicidas. El uso de estos productos de forma indiscriminada puede afectar negativamente a los organismos de **Control Biológico**, que son de presencia espontánea en cultivos hortícolas del CHP. Debido a esto, dentro de los ambientes agrícolas, los sistemas hortícolas, principalmente los “bajo cubierta” o “protegidos” muestran un alto disturbio ecológico (Fogel, 2012) lo cual influye en la aparición de plagas en niveles perjudiciales para la producción hortícola.

## Consideraciones para el Monitoreo

A partir de lo desarrollado anteriormente y en base nuestra experiencia de trabajo en monitoreo en el CHP, consideramos conveniente tener en cuenta las siguientes recomendaciones al realizar la práctica de monitoreo de manera adecuada y eficiente.

Tener en cuenta el cultivo a monitorear (conocer la familia botánica) y órgano de cosecha (hoja, fruto, bulbo, raíz, tubérculo, etc.) con el fin de conocer, previo a ir al campo, las plagas y enfermedades “típicas” y diferenciarlas de aquellas que no lo son, y/o que pueden ser consideradas “secundarias”. Debemos también considerar si las plagas son específicas de una especie o familia botánica en particular (monófaga/oligófaga) o si es polífaga (como las hormigas, la arañuela roja *Tetranychus urticae*, o la chinche verde *Nezara viridula*, Hemíptero). También debemos saber cómo diferenciarlos de otros agentes bióticos (u abióticos). Por ejemplo, *Liomyza* sp. (“Dibujante”, Díptero) es importante para cultivos de hoja como acelga, espinaca, lechuga, y es de menor importancia para otros cultivos como tomate. Sin embargo, no debemos

confundir los daños de *Liriomyza* con los de *Tuta absoluta* (“polilla del tomate”), que es una plaga primaria en tomate.

Asimismo, asociado al monitoreo de plagas y enfermedades, debemos conocer y llevar un registro de la Fenología del Cultivo (FC), ya que esto nos permite saber la susceptibilidad, tolerancia o resistencia que presenta el cultivo ante la presencia de factores bióticos y abióticos adversos, o potencialmente adversos, como las plagas, así como la necesidad de contar con organismos benéficos como polinizadores (durante la floración del cultivo) o EN que favorecen mecanismos naturales de control, que es otra de las premisas del MI. La convivencia con niveles de plagas que no afectan económicamente al cultivo permite la instalación en el mismo de enemigos naturales (Polack y Mitidieri, 2005; Guaymasí y D'Amico, 2021).

En este sentido, a la hora de monitorear plagas, podemos hacer una primera gran “división” en lo que respecta a la parte área y lo que respecta a la parte edáfica. A continuación, desarrollaremos una serie de recomendaciones para monitorear la parte aérea de los cultivos, mencionando las principales plagas que podemos encontrar en el CHP y en los grupos de cultivos donde los hemos detectado con mayor frecuencia. Posteriormente, se desarrollará puntualmente el grupo taxonómico de plagas conocidos como nematodos para la parte edáfica.

## Monitoreo de la parte Aérea

Para realizar el monitoreo de plagas y enfermedades debemos contar con una planilla de monitoreo adecuada para cada cultivo y sus adversidades bióticas. Para ello, se recomienda utilizar como Planilla (base) de Monitoreo aquella desarrollada por Mitidieri y Polack (2012) para los cultivos de Tomate y Pimiento, realizando las respectivas adaptaciones para otros cultivos. En lo que respecta al monitoreo en sí mismo, también se recomienda seguir las indicaciones de Polack y Mitidieri (2005, 2012), quienes sugieren realizar el monitoreo de plantas al azar, con un número mínimo de 2 plantas cada 100 m<sup>2</sup> de superficie y observar por lo menos 10 plantas en superficies inferiores a los 500m<sup>2</sup>. Del total de plantas, un 40% de las observaciones debería cubrir los bordes del cultivo. Estos monitoreos deben complementarse con observaciones de todo el invernáculo para detección y mapeo de enfermedades de suelo y virosis. Se sugiere que la frecuencia de los monitoreos sea semanal, pudiendo ser más seguido/frecuente si el nivel de las adversidades se acerca a valores de alerta y/o que indiquen la necesidad de intervención.

Para realizar el monitoreo se recomienda utilizar un sistema de coordenadas para identificar las plantas a monitorear, así como para la identificación de focos. Para tal fin, en el caso de los invernáculos, desde la entrada del mismo, se identifican las filas, numerándolas de izquierda a derecha, y las ventanas (distanciada entre poste y poste lateral), también numeradas desde la entrada hasta el final. En el caso de cultivos a campo, se recomienda realizar un sistema de referencia análogo, comenzando también por la entrada/acceso principal al lote, identificando filas

de izquierda a derecha y “bloques/sectores” desde el inicio, considerado desde tal entrada al lote, hacia el final del mismo (o sea, alejándose de la entrada).

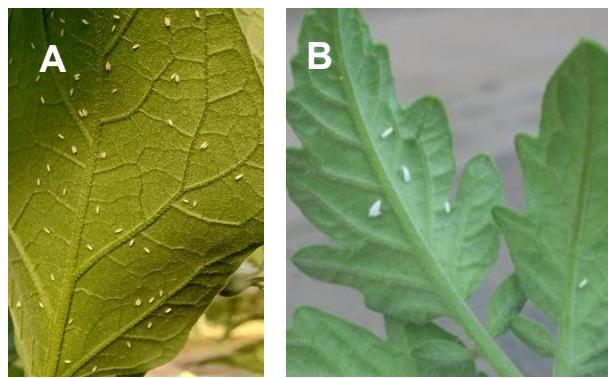
En el caso de los cultivos de pimiento y tomate, al realizar el **Monitoreo**, se sigue el protocolo de Polack y Mitidieri (2012) mientras que, para otros cultivos, ya sean Solanáceas u otras familias botánicas, se realizan las adaptaciones pertinentes a criterio del monitoreador y complementando con la información necesaria.

En términos generales, dentro del CHP se destacan entre las principales plagas la mosca blanca (*Hemiptera: Aleyrodidae*), los pulgones (*Hemiptera: Aphididae*), y la polilla del tomate (*Lepidoptera: Gelechiidae*) (Fogel, 2012), seguidos por los trips (*Thysanoptera*) y ácaros como la arañuela roja (*Tetranychus urticae*, Orden *Acari*, Suborden *Trombidiformes*, Familia *Tetraníquidos*). En lo que se refiere a enfermedades, se destacan: Peste Negra (tospovirus), tizón temprano (*Alternaria solani*); podredumbres (*Phytophthora sp.*); moho gris o botritis (*Botrytis cinerea Pers.*); fusariosis (*Fusarium sp.*), antracnosis (*Colletotrichum sp.*); podredumbres de cuello (*Sclerotinia sp.*), mancha bacteriana del tomate y del pimiento (*Xanthomonas campestris pv vesicatoria*); cancrrosis bacteriana del tomate (*Clavibacter michiganensis ssp michiganensis*); podredumbre blanda de los frutos (*Erwinia carotovora pv carotovora*), peca bacteriana del tomate (*Pseudomonas syringae pv tomato*) y marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*).

**Mosca blanca** *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*, (*Hemiptera: Aleyrodidae*): causan daños de tipo directo e indirecto, tanto adultos como estados inmaduros, ya que, al alimentarse, extraen el floema y luego excreta una melaza azucarada que queda depositada sobre la hoja y permite la proliferación de fumagina (hongos saprófagos *Capnodium sp.*). Los altos niveles de fumagina en hojas provocan una considerable reducción de la capacidad de realizar fotosíntesis, que redonda en una reducción del crecimiento y pérdidas de rendimiento. Además, la fumagina puede cubrir los frutos, perjudicando el valor comercial del mismo. *T. vaporariorum* es más frecuente en cultivos hortícolas bajo cubierta, mientras que *B. tabaci*, que apareció primero en el NEA en el 2001 y luego en el CHP en el 2004, adquirió mayor relevancia, principalmente por la transmisión del virus perteneciente a la familia Geminiviridae. (Fogel, 2012; Guaymasí y D'Amico, 2021, Scotta, 2013).

Al estado adulto, *T. vaporariorum* se diferencia de *B. tabaci* en que el primero es más grande, de forma triangular y visto desde arriba las alas en reposo quedan en posición plana y no presenta una hendidura entre las alas, que no permiten ver el cuerpo de color blancuzco, mientras que el segundo (*B. tabaci*) el adulto es más pequeño, con forma de bastón y visto desde arriba las alas en reposo quedan en posición de “techo a dos aguas”, con una hendidura entre las alas, que permiten ver el cuerpo de color más amarillento.(Polack, y Mitidieri, 2012).

**Hospedantes:** Estas especies son polífagas y afectan a gran variedad de cultivos como Solanáceas, Cucurbitáceas, crucíferas y cultivos de hoja entre otras.



**Imagen 1.** Mosca blanca en hojas de Berenjena (A) y Tomate (B).

Con respecto a los **pulgones** (*Hemiptera: Aphididae*) asociados a cultivos hortícolas existen especies polífagas como *Myzus persicae* y otras más específicas como *Brevicoryne brassicae* en crucíferas. Al igual que la mosca blanca, los pulgones son sucto-picadores y se alimentan de las sustancias floemáticas. Esto provoca daños directos como clorosis, marchitamiento, senescencia precoz, deformaciones, agallas y disminución del crecimiento de las plantas. En cuanto a los daños indirectos, son vectores importantes de virus fitopatógenos, que provocan una reducción en los rendimientos y, al igual que la mosca blanca, excretan sustancias azucaradas que favorece el desarrollo de fumagina y su consecuente disminución de la superficie fotosintética (Fogel, 2012).

**Hospedantes:** Solanáceas, Cucurbitáceas, cultivos de hoja (lechuga, acelga), crucíferas.

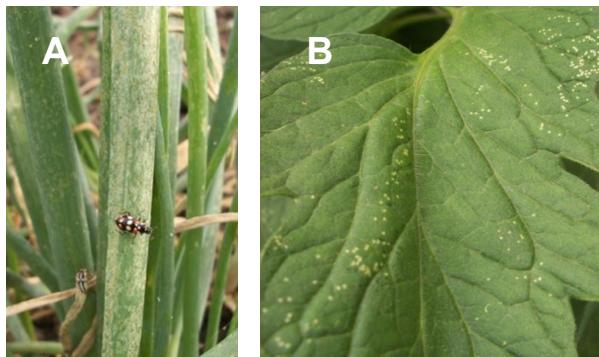


**Imagen 2.** Presencia de pulgones y vaquitas predadoras en cultivo de cucurbitácea (A).  
Presencia de *Brevicoryne* parasitada. (B)

Con respecto a los **Trips** (Orden: *Thysanoptera*; Suborden: *Terebrantia*; Familia: *Thripidae*), son importantes plagas hortícolas por provocar daño directo con su aparato bucal, así como por el daño indirecto, ser transmisores de virus (tospovirus) en algunas especies. En los sistemas hortiflorícolas argentinos, las especies de trips vectores de virus de mayor importancia son: *Frankliniella occidentalis*, *F. schultzei* y *F. gemina*. *F. occidentalis* es el vector más difundido en la región. Su importancia como transmisor de tospovirus, radica en que es muy resistente a condiciones climáticas adversas, es el más eficiente para transmitir dicho virus, su alta fecundidad y capacidad

de difusión, y tiene un rango de hospedantes mayor que los otros vectores. Se introdujo en Argentina en el año 1994 y desde entonces se sigue expandiendo en todo el territorio, afectando cultivos ornamentales, hortalizas y frutales (D'Amico, 2015).

**Hospedantes:** Solanáceas, Cucurbitáceas, cultivos de hoja



**Imagen 3.** Daño ocasionado por trips en verdeo y presencia de vaquita benéfica (A).  
Daño ocasionado por trips en hojas de tomate. (B)

En tomate y pimiento, los Tospovirus causan, en hojas y frutos, clorosis anulares y redondeadas que luego se necrosan (ver Imagen 4). Además, las plantas afectadas muestran marcada reducción del crecimiento y curvatura de las hojas apicales. En casos severos, la planta se marchita y muere (Conti y Mateo Box, 2000). Tanto los trips vectores como los virus pueden refugiarse en la vegetación espontánea que rodea a los invernaderos, pudiendo funcionar como puentes entre cultivos y estaciones (D'Amico, 2015).

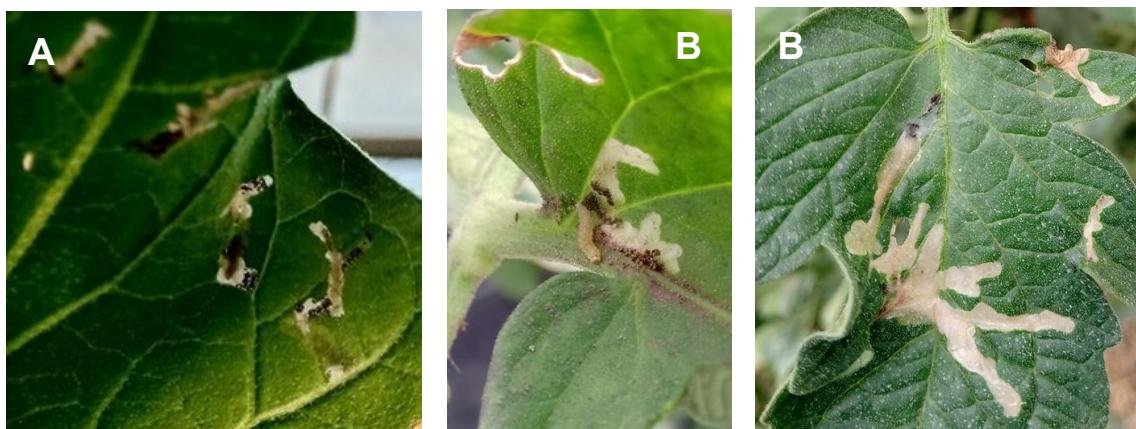


**Imagen 4.** Presencia de *F. occidentalis* en flor de pimiento (A) y daños de trips en frutos de pimiento (B) y tomate (C)

“Polilla del Tomate” **Tuta absoluta** (Lepidóptero: *Gelechiidae*) es una polilla de 5 – 6 mm de longitud, de color pardo claro y hábitos crepusculares. Se distribuye ampliamente en Sudamérica, en zonas de hasta 1.000 m de altitud y donde las temperaturas no sean bajas. Principalmente en regiones de cultivo de Solanáceas ya que es una especie oligófaga. La encontramos principalmente en cultivos de tomate, papa, berenjena, tabaco y la maleza *Solanum sisymbifolium*. En general después de la eclosión, las larvas comienzan a alimentarse de las partes de la planta en las que fueron depositados los huevos. Inicialmente provoca el barrenado de brotes, que se evidencian por la acumulación de excrementos de color negro en su exterior, y conlleva a la pérdida del ramillete floral. Luego realiza galerías lacunares en las hojas (al consumir el mesófilo

y dejar intacta la epidermis, lo que puede ocurrir desde el almácigo). También ataca los frutos perforándolos, provocando posteriormente su putrefacción. (Urretabizkaya, N.; A. Vasicek y E. Saini. 2010)

Para diferenciar los daños de polilla de los ocasionados por *Liriomyza* sp. (el “dibujante”), la galería de la polilla se puede abrir con facilidad rompiendo la epidermis, lo que no ocurre con las de *Liriomyza*, ya que al hacerlo se rompe el folíolo. Además, en el caso de la polilla, las deyecciones se acumulan en un sector de la galería, en el caso de la mosca se distribuyen a lo largo de la galería. Finalmente, la galería de la polilla en los últimos estadios se ensancha, mientras que en el “dibujante” posee forma de serpentina. En el daño fresco, la epidermis es flexible, mientras que en el daño viejo es seca y quebradiza. En el daño nuevo las deyecciones están húmedas y secas en el daño viejo. Ante cualquier duda, para confirmar si el daño es fresco se debe colocar a trasluz, detectando la presencia de la larva viva en el interior. (Urretabizkaya, N.; A. Vasicek y E. Saini. 2010).



**Imagen 5.** Daños ocasionados por *Tuta absoluta* en berenjena (A) y en tomate (B)

*Liriomyza huidobrensis* / sp. (Diptera: Agromyzidae) “Mosca minadora de las hojas”: los adultos son mosquitas de 2 mm de longitud, de color negro, con manchas o líneas amarillas en el cuerpo. La hembra es de mayor tamaño que el macho y con su aparato ovipositor realiza “picaduras” sobre el haz y el envés de las hojas, las cuales producen exudados que sirven de alimento tanto a las hembras como a los machos. Al eclosionar el huevo, la larva recién nacida comienza a alimentarse del mesófilo de la hoja protegida entre las epidermis formando “minas”, las cuales en un principio son cloróticas y luego se tornan más oscuras por la necrosis del tejido. Finalmente, las hojas pierden la capacidad de producir y transportar fotosintatos y se secan (<https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/liriomyza-huidobrensis>)

**Hospedantes:** Cucurbitáceas, Solanáceas, Compuestas, en todos los casos ataca las hojas, y en el caso de *Solanum lycopersicum*, también ataca el tallo y los frutos.

**Arañuela roja** (*Tetranychus urticae*, Orden Acari, Suborden Trombidiformes, Familia Tetranychidae) es un ácaro, considerado una plaga polífaga de amplia distribución mundial, registrándose más de 900 especies de plantas hospedadoras, algunas silvestres y otras de cultivo, como hortalizas, ornamentales y frutales, en las cuales causa daños de importancia económica. Al

alimentarse rompe con sus estiletes la superficie de las hojas y destruye células del mesófilo y el crecimiento de la planta y sus frutos. Los síntomas característicos de su presencia son hojas moteadas o con grupos de manchas amarillas en el haz y en el envés. Las hojas afectadas pierden color, pueden tener tonos rojizos y secarse completamente. Los frutos también pueden ser atacados cuando están verdes. Cuando la población crece, las arañuelas forman una densa tela sobre la superficie de la planta hospedadora (Gugole Ottaviano, 2013).

Las condiciones predisponentes para la aparición de esta plaga son la alta temperatura y la baja humedad relativa (veranos calurosos y secos). Pueden dispersarse a grandes distancias por el viento (<https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/tetranychus-urticae>)

El control de esta plaga en la mayoría de los cultivos y plantas ornamentales, se realiza casi exclusivamente con la aplicación frecuente de plaguicidas. Sin embargo, las poblaciones presentan una rápida capacidad para desarrollar resistencia frente a estos productos, incluyendo a los acaricidas autorizados para su control. También existen programas de manejo más racionales de esta plaga basados en monitoreos de la población para aplicar plaguicidas sólo cuando la plaga alcanza los niveles de daño económico (NDE) (Gugole Ottaviano, 2013).



**Imagen 6.** Arañuelas en cultivo de Berenjena.

## Recomendaciones de manejo

Se recomienda realizar rotaciones, así como asociaciones de cultivos pertenecientes a diferentes grupos taxonómicos con el fin de disminuir la aparición y desarrollo de adversidades bióticas. Además, al favorecer la biodiversidad con los diferentes cultivos, se genera un ambiente propicio para el desarrollo de organismos benéficos como los EN que permiten controlar aquellas adversidades dentro de niveles poblacionales que no son perjudiciales económicamente.

También pueden utilizarse especies, variedades/híbridos que presenten resistencia y/o tolerancia a adversidades cuya presencia se conozca o se pueda predecir (por ejemplo, utilizar variedades o híbridos resistentes/tolerantes para nematodos)

En el caso de llegar a niveles de acción, y tener que realizar algún tipo de aplicación con algún tipo de fitosanitario, se sugiere utilizar productos selectivos, es decir, específicos para la adversidad problemática en cuestión y, además, que sean productos registrados, que los mismos sean “banda verde” teniendo en cuenta la clasificación toxicológica de los productos

En el caso de los tospovirus, el manejo debe basarse en estrategias preventivas. Las más importantes son: emplear cultivares tolerantes/resistentes, minimizar las fuentes de infección, y manejar la población de vectores con diversas estrategias. De esta forma, mantener al sistema con niveles bajos de la enfermedad. Para esto se requiere:

- Monitoreo de vector y virus, y evaluación de la cantidad de plaga o enfermedad.
- Uso de agentes de control biológico para el control de trips. Los agentes más empleados para el control de trips son las especies: *Orius* spp., *Chrysoperla carnea* y *Amblyseius* spp.
- Uso de agentes químicos. El control de los trips con insecticidas, además de ser agresivo para el ecosistema, es poco eficaz, ya que el trips habita regiones muy escondidas de la planta, a las cuales no llegan las aplicaciones habituales. Además, las aplicaciones reiteradas de un producto generan resistencia. A ello se suma la gran cantidad de hospedantes y su alta movilidad. (D'Amico, 2015).

### **Importancia de los nematodos parásitos de plantas en la agricultura**

La importancia de la nematología agrícola en el ámbito productivo es mundialmente reconocida, especialmente en el hortícola. Su aporte a este sector permite ayudar en la toma de decisiones sanitarias y productivas en los lotes productivos de una forma rápida y sustentable. Del mismo modo, contar con un correcto análisis de la nematofauna presente en nuestros suelos nos permitirá realizar investigaciones en las diferentes prácticas de manejo y control más amigables con el ambiente.

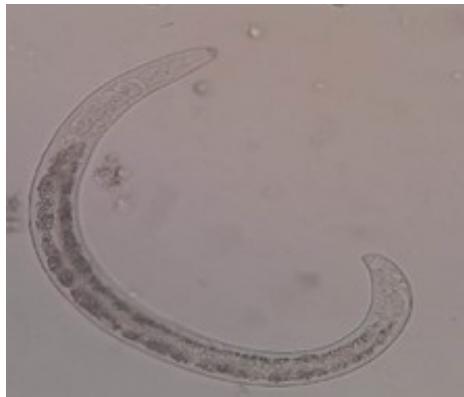
Los nematodos o *nematodes* (*Phylum Nematoda*) son organismos animales que se encuentran en los cuerpos de agua (ríos, lagos, arroyos, mares), en la solución del suelo como también parasitando plantas y animales. Según su fuente de alimentación o grupo trófico, podemos clasificarlos en cinco grupos: bacteriófagos, fungívoros, omnívoros, predadores y fitófagos.

Los nematodos fitófagos o parásitos de plantas (NPP) están presentes en los suelos cultivados de nuestro país y pueden provocar diferentes grados de daño en diversos cultivos como soja, maíz, papa, tomate, pimiento, frutales, etc. El nivel de daño va a depender del grado de susceptibilidad de la planta hospedante y de las condiciones del ambiente.

De acuerdo con la forma de alimentarse, los NPP se diferencian en tres grandes grupos: *ectoparásitos*, *semiedoparásitos* y *endoparásitos*. Estos últimos son los de mayor relevancia por las pérdidas económicas que producen, por su polifagia, por su capacidad de supervivencia en el suelo y por sus altas tasas de reproducción. Estos son, principalmente, los géneros *Globodera*, *Heterodera*, *Meloidogyne* y *Nacobbus*.

Entre estos NPP, los géneros *Meloidogyne* (“nematodo del nudo”) y *Nacobbus* (“falso nematodo del nudo” o “nematodo del rosario”) son los más perjudiciales y se hallan ampliamente distribuidos en el territorio continental (Doucet y Doucet, 1996; Cap, 2006; Cap, 2015). Dentro del género *Nacobbus* la especie *N. aberrans* (actualmente *N. celatus*, Lax et al., 2021) es el de mayor importancia económica por las pérdidas económicas en los cultivos de tomate, pimiento, berenjena, remolacha y bajo cubierta en el Cinturón Hortícola de La Plata (Cap, 2006). Su presencia

en los suelos es la principal limitante fitosanitaria para la producción en los establecimientos productivos, ya sean de baja o gran escala.



**Imagen 7.** Larva o juvenil 2 (J2) de *N. aberrans* visto en microscopio (x40).

### Sintomatología y Daños en cultivos

Los NPP ocasionan daños directos e indirectos. Los daños directos se producen por la penetración, establecimiento y alimentación de las formas juveniles y adultas. En el caso de *Nacobbus*, las raíces infectadas, presentan agallas cuyo tamaño depende de la densidad de los nematodos, la especie involucrada, la temperatura y otros factores (Imagen 8). Estas agallas impiden la conducción normal de agua y nutrientes de la raíz al resto de planta, ocasionando síntomas aéreos como amarillamiento del follaje, plantas de menor altura y vigor, marchitez permanente durante períodos de altas temperaturas y escaso follaje, frutos pequeños y de baja calidad (Cap, 2014).



**Imagen 8.** Raíces de tomate con agallas de *N. aberrans* extraído de un invernadero en el CHLP.

Como daño secundario pueden presentarse infecciones por hongos y bacterias que entran a las raíces por las aberturas que provocan los NPP al alimentarse. Estas infestaciones secundarias por parte del complejo de patógenos de suelo conocido como “damping off”, entre los cuales

se encuentra *Pythium* spp., *Rhizoctonia* sp., *Verticilium* spp. y *Fusarium* spp. Las pérdidas económicas se ven reflejadas en reducciones del peso de frutos cosechados por planta y por muerte de las plantas en los lotes productivos.

### Prácticas de Manejo y Control de los NPP

Resulta importante destacar que el movimiento de los nematodos es lento en la película de agua que rodea a las partículas de suelo y también pueden ser diseminados fácilmente por cualquier medio que lleve suelo contaminado con este nematodo, como el agua de riego, los equipos agrícolas, el calzado, etc.; lo que dificulta el mantener un lote libre de estas plagas. Además, algunos de ellos pueden sobrevivir a condiciones adversas del medio y sin fuente de alimentación durante períodos prolongados de tiempo y reactivar su actividad cuando las condiciones sean favorables. Este es el caso de las larvas o juveniles 3 y 4 (J3 y J4) de *Nacobbus* que le permite perdurar en quiescencia durante condiciones adversas por periodos prolongados de tiempo, como puede ser un barbecho.

Se dispone de diversas estrategias de manejo para los NPP tales como rotaciones de cultivos (resistentes o tolerantes), prácticas sanitarias para la desinfección del suelo (biofumigación, solarización, biosolarización, etc.), empleo de antagonistas y patógenos de NPP (tricoderma, *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Paecilomyces* sp., etc.), empleo de cultivares resistentes y/o tolerantes, etc. (Cap, 2015).

Pueden citarse otras alternativas de manejo como el empleo de plantas trampa o combinaciones de planta trampa y antagonistas simultáneamente (Cap, 2015). También, extractos botánicos pueden presentar efectos nematicida o nematostático. En este sentido polifenoles, principalmente sustancias flavonoides, taninos y extractos contenido a las mismas, han demostrado presentar actividad nematicida (Olabiyi *et al.*, 2008; Shakil *et al.*, 2008).

### Monitoreo de suelo: Muestreo, Análisis y Diagnóstico

Resulta crucial para la toma de decisiones el disponer de información sobre la nematofauna presente en los suelos productivos, ya sea para implantar un cultivo en un lote sin uso previo como en lotes con sucesivas campañas productivas. Los análisis cualitativos y cuantitativos fehacientes de las poblaciones de NPP en los suelos productivos dependen tanto de una toma de muestra en el predio como de la calidad de diagnóstico en laboratorio.

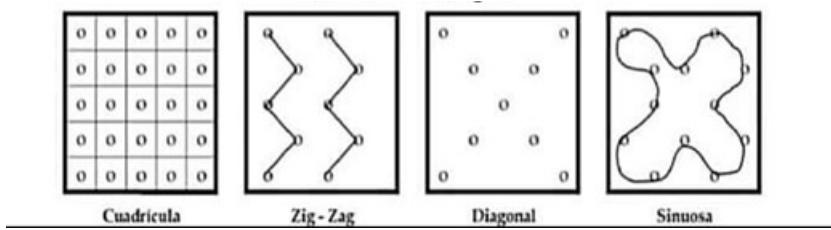
Las muestras de suelo deberían ser tomadas con anterioridad a la implantación del cultivo, generalmente entre los meses de junio a setiembre, con tiempo suficiente para decidir alguna forma de control si fuera necesaria. Cada muestra se deberá conformar por al menos 10-20 submuestras tomadas de los primeros 25 cm de profundidad, recorriendo el lote en forma sistemática (Chaves y Torres, 1993). Para ello, se recomienda el uso de un barreno muestreador para tomar siempre a la misma profundidad y agilizando el muestreo (Imagen 9). La

mínima cantidad de muestra debe rondar entre los 500 g y 1 kg de suelo recolectado, para asegurar su representatividad.



**Imagen 9.** Barreno muestreador de 25 cm de profundidad.

**CORRECTO MUESTREO:** Las muestras de suelo deben ser tomadas de manera racional, sistemática, representativa del lote y acorde al interés productivos. Por ejemplo, si desea conocerse la carga de NPP por lomo o línea de cultivo, se puede recolectar al azar submuestras a lo largo de dicho lomo. Ahora bien, se quiere conocer la nematofauna de todo un invernadero, se pueden tomar submuestras subdividiendo el lote en cuadricula (Imagen 10).



**Imagen 10.** Diferentes métodos de toma de muestras y/o submuestras de suelo.

(Fuente: Agroquímicos Arca S. A. de C.V)

**ROTULADO:** Las muestras de suelo deberán ser recolectadas y guardadas en bolsas de polietileno y deben estar correctamente rotuladas para su identificación y distinción entre ellas. La información pertinente, mínima y necesaria que debe contener el rótulo es: sector o lote de la cual se recolectó, fecha de recolección, nombre del recolector, coordenadas o dirección del establecimiento, etc. (Imagen 11).



**Imagen 11.** Muestras de suelo con su correcto rotulado con cinta de papel.

¿QUÉ HACER CON LAS MUESTRAS? Las muestras deben hacerse llegar por el transporte de su confianza, en un lugar fresco y oscuro, lo antes posible; evitando refrigerar la muestra y su exposición al sol o altas temperaturas. No dejar pasar más de 10 días antes de la recepción en laboratorio, ya que las muestras comienzan a sufrir deterioros perdiendo representatividad. Existen diversos laboratorios de nematología en la República Argentina, principalmente en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Corrientes, Mendoza y Jujuy.

## Referencias

- Benencia, R. Cattáneo, C. y R. Fernández** (1997) La producción bajo cubierta (Capítulo VI). En R. Benencia, (Coord.); Área Hortícola Bonaerense. Cambios en la producción y su incidencia en los sectores sociales. (Pp del capítulo 77 - 103). Buenos Aires: La Colmena.
- Cap, G. B.** (2006). Diagnóstico y manejo de nematodos fitopatógenos en cultivos fruti-hortícolas y florícolas. Boletín Hortícola No 11 (34): 33-37.
- Cap, G. B.** (2014). Guía teórico-práctica del Curso de Posgrado de Maestría: "Bioecología de plagas y benéficos. Phylum Nematoda". La Plata: FCAyF-UNLP.
- Cap, G.** (2015). Resistencia a nematodos herbívoros. IV Jornadas de Enfermedades y Plagas en Cultivos Bajo Cubierta, FCAyF-UNLP; CIDEFI; INTA. 6 y 7 de mayo de 2015, 5pp.
- Chaves, E., & Torres, M.** (1993). Parasitic nematodes of potatoes in the south east of Buenos Aires. *Boletín Técnico-Estación Experimental Agropecuaria, Balcarce*, (115).
- Conti, M., & Mateo Box, J. M.** (2000). Principales virus de las plantas hortícolas.
- D'Amico, M.** (2015). Estudio de la vegetación espontánea como hospedante de tospovirus en áreas del Cinturón Hortiflorícola Platense. (Tesis de Grado). Recuperado de: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/110775/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/110775/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Doucet, M. E., & Agüero de Doucet, M. M.** (1996). Nematodes and agriculture in continental Argentina. An overview. *Fundamental and applied Nematology* 20(6):521-539.
- Fogel, M. N.** (2012). Selectividad de insecticidas utilizados en cultivos hortícolas del Cinturón Hortícola Platense sobre el depredador *Eriopis connexa* en el marco del Manejo Integrado de Plagas. (Tesis de Doctorado). Recuperado de: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18096/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18096/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Guaymasí, D. V. & D'Amico, M.** (2021). La Importancia del Monitoreo de Plagas y Enfermedades y el Registro Fenológico en Horticultura. Revista Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires. Vol. 2 Nro. 2. julio 2021. págs. 76 -81 ISSN edición impresa 2718-6652. ISSN en línea 2718- 6660. La Plata, Argentina. Recuperado de: [https://www.gba.gob.ar/desarrollo\\_agrario/revista\\_mda](https://www.gba.gob.ar/desarrollo_agrario/revista_mda)
- Gugole Ottaviano, M. F.** (2013). Manejo Integrado de la plaga *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) en cultivos de frutilla del Cinturón Hortícola Platense. (Tesis de Doctorado). Recuperado de: [http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/\\_documentos/tesis/tesis\\_1269.pdf](http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/_documentos/tesis/tesis_1269.pdf)
- Lax, P., Gonzalez-Ittig, R. E., Rondan Dueñas, J. C., et al.** (2021). Decrypting species in the *Nacobbus aberrans* (Nematoda: Pratylenchidae) complex using integrative taxonomy. Zool Scr. 2021; 00:1-22. <https://doi.org/10.1111/zsc.12494>.
- Polack, L. A.; Mitidieri, M. S.** (ex aequo). (2005). Producción de Tomate Diferenciado. Protocolo Preliminar de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. Buenos Aires: INTA EEA San Pedro. Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-protocolo\\_manejo\\_de\\_plagas\\_tomate\\_2005.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-protocolo_manejo_de_plagas_tomate_2005.pdf)
- Polack, L. A.; Mitidieri, M. S.** (ex aequo). (2005). Producción de Pimiento Diferenciado. Protocolo Preliminar de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. Buenos Aires: INTA EEA San Pedro. Recuperado de: [http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/13239/mod\\_resource/content/0/protocolo\\_manejo\\_de\\_plagas\\_pimiento\\_2005.pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/13239/mod_resource/content/0/protocolo_manejo_de_plagas_pimiento_2005.pdf)
- Polack, L. A.; Mitidieri, M. S.** (ex aequo). (2012). Guía de monitoreo y reconocimiento de plagas, enfermedades y enemigos naturales de tomate y pimiento. Buenos Aires: INTA EEA San Pedro. Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intasp\\_guia\\_de\\_monitoreo\\_2012bdt22.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intasp_guia_de_monitoreo_2012bdt22.pdf)
- Olabiyi, T. I., Oyedunmade, E. E. A., Ibikunle, G. J., Ojo, O. A., Adesina, G. O., Adclasoyc, K. A., & Ogunniran, T. A.** (2008). Chemical composition and bio-nematicidal potential of some weed extracts on *Meloidogyne incognita* under laboratory conditions. Plant Scicence Research, 1:30-35.
- Scotta, R. R.** (2013). Mosca blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*) (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae): Daño, factores que afectan la población y su manejo en el cultivo de tomate (Tesis de Doctorado). Recuperado de: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/481/tesis.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas.** Página web oficial: <https://www.sinavimo.gob.ar/>. *Tetranychus urticae* en <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/tetranychus-urticae> y *Liriomyza huidobrensis* en <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/liriomyza-huidobrensis>
- SENASA.** Unidad de Gestión Ambiental. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. Diciembre de 2010. Recuperado de: [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/bpa/bibliografia/Manual\\_BPA\\_SENASA.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/bpa/bibliografia/Manual_BPA_SENASA.pdf)
- Shakil, N. A., Pankaj, J. K., Pandey, R. K., & Saxena, D. B.** (2008). Nematicidal prenylated flavanones from *Phyllanthus niruri*. Phytochemistry. 69:759-764.

**Urretabizkaya, N.; Vasicek, A. & Saini, E.** (2010). Insectos perjudiciales de importancia agro-nómica. I. Lepidópteros. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Universidad Nacional de Lomas de Zamora y Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. pp. 77. Recuperado de: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_lepidopteros.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_lepidopteros.pdf)

## CAPÍTULO 4

# Fitohormonas como inductora de la resistencia frente a nematodos

Susana Martínez, Daniel Giménez

Existen distintos problemas que afectan la sanidad y productividad de los cultivos. Dentro de los problemas fitosanitarios a nivel de raíz el ataque de fitonematodos toma relevancia debido a la gran pérdida que representa en la producción total de la región. *Meloidogyne spp.* es una plaga que causa severas pérdidas a nivel mundial las que se estiman cercanas a los 80 billones de euros (Singh *et al.*, 2013; Blox *et al.*, 2008; Sirohi *et al.*, 2005). Este nematodo daña a las plantas al debilitar las puntas de las raíces y al inhibir su desarrollo o estimular una formación radicular excesiva, pero principalmente destruye el sistema radicular debido a que forma agallas, las cuales privan a las plantas de sus nutrientes y agua, reduciendo la producción de los cultivos. Cuando las plantas susceptibles son afectadas en la etapa de plántula, las pérdidas son considerables y pueden dar lugar a la destrucción total del cultivo (Agrios, 2005).

Otras especies de nematodos, como *Nacobbus aberrans Thorne* (Tylenchida, Pratylenchidae) (falso nematodo del nudo), han sido reportadas en nuestra región, generando grandes pérdidas en el cultivo de tomate bajo invernadero.

*N. aberrans* fue detectado por primera vez en la República Argentina en 1977, atacando papas cultivadas y algunas variedades andinas en Tafí del Valle, provincia de Tucumán. Simultáneamente, fue observado sobre raíces de acelga, remolacha y zapallo, así también como sobre malezas de los géneros Amaranthus y Brassica (Costilla M, 1985 (a) y (b), Doucet, *et al.* 2016). Este nematodo agallador puede llegar a ocasionar pérdidas de hasta 80% en la producción (Cristóbal *et al.*, 2000; Manzanilla-López *et al.*, 2002). El control de estos nematodos en el suelo resulta complejo, dada la dificultad para lograr su total erradicación. *Nacobbus aberrans* posee un amplio rango de hospedantes entre los que se encuentra un gran número de especies cultivadas y no cultivadas, tales como: papa, tomate, zapallo, berenjenas, pimiento, acelga, remolacha, frutilla, *Amaranthus*, *Brassica campestris*, *Datura sp.*, *Stellaria media*, *Portulaca oleracea*, etc. Se la encuentra en varios países del continente americano: Bolivia, Perú, Argentina, México, Chile, USA (Manzanilla-López *et al.* 2002). Ocasiona síntomas similares a los mencionados para *Meloidogyne* (Agrios, 2005), aunque los nódulos suelen ser de mayor tamaño y con emisión de pelos radiculares secundarios. Otra característica es la acumulación de almidón en los sitios de alimentación del mismo. Al seccionar las agallas y teñirlas con solución de iodo, estos tejidos se tiñen de azul, permitiendo identificar la presencia de este nematodo. Estos

nódulos en las raíces impiden una normal absorción y aprovechamiento del agua y nutrientes por parte de la planta ocasionando pérdidas de rendimiento que oscilan entre un 5 y 60% en diversas especies hortícolas (Agrios, 2005). En la región andina boliviana las pérdidas ocasionadas por *Nacobbus* spp. en papa, por ejemplo, se estiman en 53 millones de dólares (Franco *et al.*, 1999). Datos más recientes estiman pérdidas que alcanzarían los 128 millones dólares (Franco *et al.*, 2011; Ortega, Cartaza, E; 2008).

Las fases del ciclo de *Nacobbus* sp. que producen infestación son los huevos, larvas de segundo, tercero, cuarto estadio y las hembras filiformes jóvenes. Las larvas de tercero y cuarto estadio tienen la capacidad de permanecer en estado de quiescencia cuando las condiciones del medio no son favorables (ausencia de hospedantes, sequía, etc.). Los estadios larvales, los machos y hembras jóvenes filiformes, penetran las raíces trasladándose por el parénquima cortical inter e intracelularmente, provocando lesiones necróticas en el mismo y suelen migrar nuevamente al suelo y viceversa. Las hembras jóvenes filiformes copulan en el suelo y penetran en las raíces alojándose en el cilindro central. Allí mediante la inyección de enzimas por medio de su estilete, promueven la ruptura de las paredes celulares de 4-5 células del pericílio que rodea su región anterior, provocando la formación de un sincitio. Este sincitio actúa como una gran célula gigante multinucleada con una tasa de metabolismo elevada al servicio del nematodo. Asimismo, se produce una reacción de hiperplasia en las células adyacentes al sincitio, que provoca el engrosamiento de sectores de la raíz, conocidos como nematocecidias o vulgarmente como “papitas o nudos de la raíz” o “agallas”. La hembra joven filiforme en ese momento pierde su movilidad tornándose sedentaria y comienza a desarrollar dimorfismo sexual al engrosar su cuerpo en forma desmedida y tomar la forma de saco o palo de amasar engrosado. La nutrición del nematodo, a expensas de los fotosintatos de la planta, causa el debilitamiento y, ocasionalmente, la muerte de la planta (Chaves y Torres, 1993). Los huevos son depositados al exterior de los tejidos en una matriz gelatinosa secretada por la hembra. El ciclo de vida se cumple entre 40-60 días. *Nacobbus* no es tan susceptible a las bajas temperaturas y se lo suele detectar en raíces de acelga y remolacha durante el invierno. (Flores, *et al.*, 2007, Agrios, 2005)

Sus poblaciones de diferentes orígenes geográficos, presentan variabilidad patogénica frente a ciertos hospedantes, mientras sus características morfológicas y morfométricas son similares (Baldwin & Cap, 1992). Este nematodo está distribuido en nuestro país en diferentes regiones agroecológicas y predomina sobre otras especies de nematodos en las áreas hortícolas de La Plata y sus alrededores, Mar del Plata, Dolores, etc. (Chaves y Sisler, 1980; Chaves y Torres, 1993).

Con la excepción de algunos cultivares de papa, hasta el momento no se dispone de especies hortícolas con resistencia a esta plaga. Se recurre entonces, frecuentemente, al uso de fitosanitarios costosos y con un gran impacto negativo al medio ambiente (Lee, J M, 2003). El control químico requiere de 10.000 t de nematicidas, solamente para los horticultores americanos (Molinari, 2008). Actualmente, el control se basa en el uso de fumigantes y nematicidas. Entre los primeros, el bromuro de metilo ha sido la alternativa más utilizada desde 1940 (Gilreath *et al.*, 2003; Verdejo y Mc Kenry, 2004). Argentina se comprometió a eliminar definitivamente el consumo de bromuro de metilo en usos controlados a partir del 1 de enero de 2015 (Programa

de las Naciones Unidas para el medio ambiente) por ser, junto con los Cloro-fluo-carbonados (CFC's), los Halones (ambos usados en la industria) una de las sustancias que producen la reducción de la capa de ozono, identificadas como SAO's. El Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal, vigentes desde 1988 y 1989 respectivamente, con sus enmiendas, tienen por objeto proteger la capa de ozono de las alteraciones causadas por la actividad humana. Así, mientras en el Convenio se recomienda hacer investigaciones sobre el agotamiento de la capa de ozono, sus causas y sus efectos adversos, en el Protocolo se establecen restricciones a la producción, consumo y comercio de las sustancias que producen su agotamiento. Argentina ratificó ambos convenios y sus enmiendas, por lo cual asume internacionalmente la obligación de implementar acciones tendientes a proteger el medio ambiente y reconvertir los sectores que utilizan SAO's en sus procesos productivos, para controlar equitativamente las emisiones mundiales totales de las mismas, con el objetivo final de eliminarlas, sobre la base de conocimientos científicos (Fernández *et al.*, 2005). Esta prohibición de su aplicación según el protocolo de Montreal (1987) conlleva a la búsqueda de alternativas de bajo impacto ambiental

Por ejemplo, en tomate por ser un alimento, está sometido al aumento de su demanda en el mundo, es fundamental encontrar estrategias de manejo que permitan aumentar los rendimientos de los cultivos, haciendo un uso adecuado de los recursos naturales y tendiendo a la sustentabilidad del sistema. Los rendimientos teóricos rara vez son alcanzados porque la realidad indica que entre los factores no económicos que reducen los rendimientos el estrés biótico es la principal causa de estas pérdidas.

Los programas de mejora genética vegetal, tienen como objetivo general el aumento de rendimiento, sin descuidar la calidad, con el fin de satisfacer las necesidades crecientes de alimentos en el mundo. Es por ello que el *aumento del rendimiento* puede obtenerse en forma *directa*, a partir de la selección de individuos que muestren una mejor expresión de algunos de los caracteres relacionados con los componentes del rendimiento. Otra manera de aumentar la producción en forma *indirecta*, es a través de la identificación y selección de individuos con buen comportamiento frente a situaciones de estrés. En este sentido las plantas presentan homeostasis, es decir tienen la capacidad de mantener sus funciones vitales dentro de los límites normales, aún bajo situaciones de perturbación moderada. Si la planta, por un factor ambiental cambiante, se ve excedida en su regulación homeostática, entonces aparece el daño y la planta se estresa (Levitt, 1980, Tadeo, en Ascón Bieto; 2008).

## Aspectos Fisiológicos del estrés

Los factores que provocan estrés pueden ser bióticos y/o abióticos. Los factores abióticos se clasifican, según el agente causante en físicos (temperaturas extremas, deficiencia hídrica, salinidad, radiación, etc.) y químicos (carencia de elementos minerales, contaminación, herbicidas, etc.). Los factores bióticos son, por ejemplo, organismos que compiten con el cultivo (malezas) o que se alimentan del cultivo (patógenos y plagas) (Tadeo, 2008).

Una planta estresada muestra una “*respuesta*”, que es definida como cualquier alteración estructural o funcional frente a situaciones de estrés (Tadeo, 2008). La respuesta en la planta, implica una secuencia de complejas acciones: percepción del estímulo estresante, procesamiento de la señal percibida y regulación de la actividad génica. El estímulo estresante es transformado en una señal química o física, que es transmitida a través de diferentes rutas hasta el núcleo, donde provoca cambios en la expresión de los genes (Tadeo, 2008; Taiz, L. & Zeiger, E, 2015).

Las respuestas generales frente al estrés pueden ser diversas; por un lado, las fitohormonas forman parte de los mecanismos de transmisión interna de la señal de estrés, entre ellas se encuentran: el ácido abscísico (ABA), el etileno, el ácido jasmónico y el ácido salicílico. Otras hormonas como las auxinas, las citocininas y las poliaminas, también se las relaciona con el estrés, pero en menor medida (Buchanan, *et al* 2015; Tadeo, F.2008; Taiz, L. & Zeiger, E. 2015). Las plantas responden a un gran número de situaciones desfavorables (déficit hídrico, salinidad, encharcamiento, frío, calor, falta de minerales, etc) aumentando la producción de ABA. Se cree que la inducción de su síntesis está relacionada, con los cambios en el volumen o turgencia celular. Los cambios del ambiente a nivel del suelo, generan condiciones adversas para la raíz que inducen una respuesta hacia la parte aérea (Ploeg, A.2001). En este sentido el ABA podría considerarse la señal sensora, que transmite estímulos de la raíz hacia las hojas. El ABA también forma parte de la transmisión de otras señales de estrés junto con el etileno y el ácido jasmónico (Buchanan, *et al* 2015; Tadeo, F.2008; Taiz, L. & Zeiger, E, 2015).

La estimulación de la síntesis del etileno (E) se la relaciona con estrés biótico y abiótico como: ataque de patógenos y plagas, heridas, lesiones, viento, calor, frío, acumulación de metales. (Buchanan, *et al* 2015; Tadeo, F. 2008; Taiz, L. & Zeiger, E. 2015).

Por otra parte, el ácido jasmónico (AJ) se relaciona con distintos tipos de estrés, por ejemplo: heridas, lesiones, ataques de patógenos, falta de agua, etc. Entre las respuestas adaptativas del ácido jasmónico se encuentran la represión de genes nucleares y del cloroplasto relacionados con la fotosíntesis y la expresión de genes que codifican distintas proteínas con actividad antifúngica, inhibidoras de las proteasas de orugas, enzimas de la ruta metabólica de los flavonoides, etc. El ataque de insectos fitófagos produce proteasas, para degradar las proteínas de la planta huésped, como respuesta la planta induce la expresión de genes que codifican proteínas que inhiben la actividad de las proteasas. El ABA estimula la síntesis de ácido jasmónico y el etileno participando en la inducción génica dependiente de jasmónico (Bari R. & Jones J. D. G. 2009, Buchanan, *et al* 2015; Tadeo, F.2008; Taiz, L. & Zeiger, E. 2015).

Asimismo, se produce una modificación del crecimiento vegetativo y reproductivo. En general las situaciones de estrés conducen a una reducción del crecimiento vegetativo de la parte aérea (no suele inhibirse el crecimiento de la raíz), mientras que el crecimiento reproductivo suele acelerarse, aunque se reduce el número de flores y semillas (Buchanan, *et al* 2015; Tadeo, F.2008; Taiz, L. & Zeiger, E. 2015). Además, se produce estrés oxidativo con aumento de las especies activas de oxígeno (EOA). La actividad metabólica aeróbica genera y consume en forma continua y controlada oxígeno como: superóxidos ( $O_2^-$ ), peróxidos ( $H_2O_2$ ) e hidroxilos ( $HO^-$ ). En situaciones de estrés se altera el metabolismo celular y se pierde el balance entre producción/ consumo de EAO, en consecuencia, su

acumulación provoca estrés oxidativo (Buchanan, et al 2015; Tadeo, F.2008; Taiz, L. & Zeiger, E. 2015). También se produce la ruptura de las paredes celulares y se induce la síntesis de proteínas PR (proteínas relacionadas con la patogenicidad) y otras que participan en la defensa activa. Las lesiones producidas por insectos y patógenos, produce la ruptura de la pared celular y la inducción de genes que codifican proteínas defensivas. Las PR son inducidas por los patógenos, son de carácter ácido y se localizan en los espacios intercelulares. Entre las PR se encuentran enzimas hidrolíticas: hidrolasa, quitinasa y glucanasa (Gregory, Bogdanove. and Sessa 2003; Agrios, 2005; Hammond-Kosack and Jones, 2015; Tadeo, F. 2008; Taiz, L. & Zeiger, E. 2015).

La producción de metabolitos secundarios protege a la planta del estrés. Los metabolitos secundarios son una variedad de compuestos químicos intermediarios del metabolismo primario. Los fenilpropanoides participan en la defensa contra patógenos. Las situaciones de estrés que reducen el potencial hídrico de los tejidos conducen a la producción de osmoprotectores (ej.: prolinas, polialcoholes y las proteínas LEA), Proteínas que estabilizan las membranas durante la desecación de las semillas, (Late Embryogenesis Abundant; abundancia en la embriogénesis tardía) que actúan reajustando el potencial hídrico intracelular y facilitan la retención de agua (Buchanan, et al 2015; Tadeo, F.2008; Taiz, L. & Zeiger, E. 2015).

Las situaciones de estrés estimulan la actividad de rutas alternativas en la producción de energía. La inhibición de la respiración es común frente a distintas situaciones de estrés. Si la fotosíntesis decae más rápidamente que la respiración se activa la glucólisis que constituye una fuente alternativa en la producción de energía. La hipoxia y anoxia también conducen a la fermentación anaeróbica como fuente alternativa de energía (Buchanan, et al 2015; Tadeo, F.2008; Taiz, L. & Zeiger, E. 2015).

Frente a situaciones de estrés que afectan el balance hídrico de la planta se produce el cierre estomático, que disminuye la pérdida de agua por transpiración y limita el riesgo de deshidratación (Bray et al. 2000; Tadeo, F.2008; Taiz, L. & Zeiger, E. 2015). Este estrés lo provoca *Nacobbus* justamente al obstruir intercelularmente en la raíz impidiendo el pasaje de agua, lo que se visualiza por la falta de absorción y transporte del Ca<sup>++</sup>, manifestando una enfermedad fisiogénica denominada “*Blossom end rot*”, la que provoca una mancha y luego necrosis en la base del fruto (Fernández Valiela, 1952; Blanchard, 1992; Ronco et al, 2008).

En el trabajo publicado por Goellner and Conrath (2008) sobre Priming (rapidez con la planta pone en funcionamiento los mecanismos de defensa ante una situación de estrés disminuyendo el costo biológico) se analizan todos los procesos, reguladores y hormonas vegetales que llevan a la inducción de resistencia a factores de estrés (IR).

Sostienen los autores que después de la infección producida por un patógeno necrotizante, si en la raíz existen colonizaciones de microbios benéficos, o si fue sometida a un tratamiento de hormonas, muchas plantas establecen una situación fisiológica única llamada “priming” y bajo esta condición las plantas pueden ‘recordar’ y, en consecuencia, responden más rápida y / o efectivamente cuando se vuelve a exponer a un estrés biótico o abiótico. Podemos decir entonces que una forma de “resistencia” es el mecanismo genético mediante el cual la “planta” retarda o suprime la invasión crecimiento y multiplicación en sus tejidos de plagas y patógenos potenciales.

## Mecanismos de defensa ante el estrés

Painter (1951) clasificó los mecanismos de resistencia de las plantas en tres componentes: preferencia / no preferencia (antixenosis), antibiosis y tolerancia.

La antixenosis expresa la capacidad de la planta de no compatibilizar con el parásito, evitando que actúe como hospedera, impide que el insecto la utilice para oviposición, alimento o refugio (Kogan y Ortman, 1978). Este mecanismo está asociado a genes que confieren resistencia denominada “vertical” en los hongos fitopatógenos (Van der Plank, 1975), y generando alguna respuesta diferencial de los cultivares a razas específicas o biotipos del parásito (Hatchell y Gallum, 1970).

La antibiosis está determinada por algún compuesto químico presente en el hospedero, que afecta el crecimiento, desarrollo o sobrevivencia del insecto (Painter, 1951). Es controlada por un segundo tipo de genes (Castro, 1994) que provocan un menor incremento de la población del insecto cuando éste se ha establecido (Singh, 1989).

La tolerancia representa la capacidad de la planta hospedera de soportar, sin perder producción, una población de la plaga que produciría gran daño en una variedad susceptible (Painter, 1951). Los genes responsables, llamados de resistencia horizontal en el caso de hongos fitopatógenos (Van der Plank, 1975), actuarían indistintamente sobre todas las razas fisiológicas o biotipos de la plaga, pudiendo ser más estables, no disminuye su crecimiento y producción, pero no controla las plagas y enfermedades (Rice, 1993).

Entre las diferentes estrategias defensivas desarrolladas por las plantas, algunas son constitutivas, mientras que otras producen la inducción de los genes de defensa con alta intensidad sólo cuando las plantas están siendo atacadas (Karban and Baldwin, 1997; Agrawal *et al.*, 1999).

Los **sistemas constitutivos** de resistencia, están relacionados a genes de expresión continua, aún en ausencia del patógeno o insecto. Los niveles de defensas constitutivas pueden variar con el tiempo, aunque funcionan expresándose independientemente del daño (Karban & Baldwin 1997). Los sistemas constitutivos están determinados por cualquier característica morfológica o anatómica existente en la planta, que actúa como barrera impidiendo el acceso del patógeno o insecto (pared celular, cutícula, lignina, suberina, etc.); como también algunos aleloquímicos con efectos antixenóticos (afectan la colonización del insecto sobre la planta) o con efectos antibióticos (afectan el crecimiento, reproducción, desarrollo y supervivencia del insecto) (Keen, N. y Yang, 1999). En este sentido, ensayando distintos híbridos de tomate, se observó que el cv. Elpida requirió mayor cantidad de horas con temperaturas de punto de rocío que el cv. Superman para la aparición de síntomas de ataque por *Oidium neolyccopersici*, verificándose que el primero presentaba un mayor espesor de la cutícula foliar, lugar de penetración del patógeno constituyéndose en una barrera para la penetración del hongo (Martínez *et al.*, 2016).

Los **sistemas inducibles** de defensa, son sistemas activos, dependientes de energía, que corresponden a cambios morfológicos o fisiológicos que ocurren en respuesta al daño o estrés (Karban & Baldwin 1997). Son sistemas que reconocen un invasor en forma específica y que conducen a la producción específica de una proteína o metabolito antagonista, son mecanismos

relacionados con las enfermedades y responsables de la respuesta de hipersensibilidad (HR). La síntesis de fitoalexinas y proteínas relacionadas con la patogenicidad (PR), y cambios en la composición de la pared celular, están asociados con la resistencia sistémica inducida (RSI) o resistencia sistémica adquirida (RSA) contra patógenos, plagas y nematodos (Hammond-Kosack and Jones, 2015; Tadeo, F. 2008). El aumento en la producción “*de novo*” de productos secundarios está correlacionado con la resistencia inducida contra plagas (Heil, M., 2002). Algunas especies, ecotipos o cultivares responden a la presencia de un “elictor” específico que desencadena una cascada de señales de transducción, que conduce a la activación de una batería de genes de defensa (Keen, N. 1999).

Las plantas desarrollan diferentes mecanismos de defensa ante el ataque de patógenos, plagas y nematodos (Hammond-Kosack and Jones, 2015; Tadeo, F. 2008). Despues del reconocimiento del patógeno se activan respuestas que incluyen la expresión de genes asociados a defensa, una de ellas es la **Resistencia Sistémica Adquirida** en aquellas plantas hospederas pueden protegerse contra el ataque de patógenos si han sobrevivido a una infección inicial por virus, bacterias u hongos patogénicos cuya primer infección, o algún daño, “inmuniza” a la planta contra infecciones posteriores por patógenos homólogos. La primera expresión de resistencia “**inducida**” por el patógeno es la reacción contra subsecuentes infecciones de patógenos, independientemente si son virus, bacterias u hongos. Esta respuesta es llamada resistencia sistémica adquirida. La resistencia sistémica adquirida se refiere a distintas vías de transducción de señales que juegan un rol importante en la habilidad de la planta para defenderse contra los patógenos (Almaráz, et al 2007).

## Hormonas y respuesta frente al estrés

De las hormonas vegetales el Ácido Salicílico (AS) tiene un rol central en la hipersensibilidad (HR) y Resistencia Sistémica Adquirida (RSA) (Agrios, 2005; Conrath et al., 2006; Dangl, 2000; Hammond-Kosack and Jones, 2015; Vlot, 2009). Bucco, et al, 2015, estudiando técnicas combinadas para el control de Nacobbus encontraron que las plantas tratadas con As mostraron una influencia promisoria reflejada en la precocidad. En tanto, el ácido jasmónico (AJ) y el etileno (E) tienen un papel importante en la Resistencia Sistémica Inducida (RSI) que otorga resistencia no sólo a factores bióticos (Bari & Jones. 2009) (hongos, bacterias, virus, insectos y nematodos) sino también a factores abióticos (sequía, salinidad, heladas, calor) (Hammond-Kosack and Jones, 2015; Conrath et al, 2006; Verhagen et al. 2004).

Dentro de estos la RSA activada por plagas y patógenos, encontramos el AS y otros reguladores del crecimiento (Conrath et al. 2006; Dong, 2004), mientras que la RSI es activada por rizobacterias y otros simbiontes benéficos como las micorrizas que también actúan contra estreses abióticos (Waller et al. 2005; Pozo et al. 2005), finalmente el ácido jasmónico y etileno, llevan a la activación de mecanismos de defensa que no son lo suficientemente veloces como se lo requeriría, quedando un grupo de mecanismos que se activan y actúan rápidamente ante

la nueva presencia de un estrés biótico o abiótico (Agrawal *et al.* 1999; Cipollini 2002; Heidel *et al.* 2004; Tian *et al.* 2003; Conrath *et al.*, 2006).

Los sistemas que inducen a defensa se diferencian de los constitutivos, no se expresan de inmediato, debido al retraso que media entre el ataque y la activación de la defensa (desde horas hasta días). Durante este período la planta queda vulnerable al ataque. Sin embargo, la ventaja del sistema que induce sobre el constitutivo está asociada a los costos que éste demanda a la planta y que afecta su eficacia biológica (Bergelson & Purrington 1996; Baldwin y Preston, 1999). Todos los mecanismos de defensa ya sean constitutivos o inducidos, son costosos para la planta (Baldwin y Preston, 1999). Las respuestas en defensa utilizan recursos propios del crecimiento vegetativo y reproductivo. En consecuencia, la planta debe alcanzar un balance en la utilización de los fotoasimilados, que le permita responder a los ataques en lo inmediato, que mantenga reservas para futuras defensas, sin descuidar su vitalidad, longevidad y reproducción (Agrawal, 1999).

Los sistemas constitutivos en plantas, están acompañados por “costos en la eficacia biológica”. Los costos se refieren a los efectos negativos sobre la contribución genética de una planta a la siguiente generación (Bergelson & Purrington 1996; Tian *et al.* 2003). Los sistemas constitutivos de defensa pueden ser beneficiosos para la planta, si las condiciones adversas de estrés son predecibles. En situaciones de estrés “no predecibles”, se podrían haber favorecido plantas capaces de producir defensa sólo si es necesario. La resistencia en plantas contra plagas y patógenos está sujeta a una importante plasticidad fenotípica. Si no existe ataque la resistencia constitutiva es antieconómica y los costos valen más que los beneficios (Simms & Rausher 1987, Herms & Mattson 1992) Las respuestas inducidas, arman su defensa sólo cuando son atacadas y permiten minimizar los costos de resistencia (Simms & Rausher 1987, Herms & Mattson 1992, Bergelson & Purrington 1996; Tian *et al.* 2003).

Desde el punto de vista evolutivo, la asignación de recursos a la defensa determina un “costo” (fitness) en la planta, que surgiría como una compensación entre la resistencia y algún proceso relacionado con el mismo. Las plantas deben invertir en defensa hasta que la ventaja de la inversión llega a ser limitada para su propagación (Baldwin, 1998; Redman, 2001 y Cipollini, 2002). La teoría también sugiere que las plantas deban pagar un precio metabólico en fotoasimilados, por los desvíos hacia defensa en lugar de transferirlos para el crecimiento o reproducción. Teniendo en cuenta el ciclo de vida de la planta, la asignación a la defensa puede convertirse en un componente substancial en la utilización de recursos de una planta (Herms & Mattson 1992, Bergelson & Purrington 1996; Heil and Baldwin, 2002, Heil and Kost, 2006, Heil and SILVA, 2007; Agrawal *et al.* 1999).

## **Uso de hormonas como método de control frente al ataque de nematodos**

Los métodos de control y manejo actuales de plagas y patógenos se basan principalmente en el uso de fitosanitarios, que conllevan consecuencias negativas ya que contaminan el medio

ambiente y tienden a generar desequilibrios en las poblaciones de organismos que forman parte del agroecosistema, disminuyendo la biodiversidad (Altieri, 1999).

Es por ello que la búsqueda de *resistencia* inducida frente a estos organismos se presenta como una alternativa que permitiría disminuir el uso de plaguicidas y en consecuencia aumentar la presencia de enemigos naturales aumentando la biodiversidad.

En este sentido Martínez, et al., (2021), utilizando diferentes concentraciones de hormonas vegetales en un sitio con la presencia de *Nacobbus aberrans*, en estadios J3 y J4, resultó que, el ácido salicílico, ácido jasmónico y etileno redujeron significativamente la infestación de las raíces por *N. aberrans*, promoviendo el incremento del rendimiento respecto a plantas sin tratar. El ácido salicílico en dosis de  $1,00 \times 10^{-4}$  M se destacó sobre los otros elicidores y dosis, conforme lo demostró con un menor número de agallas en las raíces y los nulos índices de agallamiento y reproducción, así como su efecto sobre el rendimiento en el ciclo completo de cultivo y en la producción por racimos (Tabla 1) (Imagen 1).

**Tabla 1.** Índice de reproducción (IR) e Índice de Agallamiento (IA); Número de agallas (NA) y Peso Fresco de Raíz (PFR) en plantas de tomate cv. Elpida F1, tratadas con ácido salicílico (AS), ácido jasmónico (AJ) y etileno (ET) 24 h pre – trasplante cultivas en suelo naturalmente infestadas con *N. aberrans*.

Tratamientos	IR (suelo)	PFR (g)	NA (Nº g <sup>-1</sup> raíz)	IA (agallas)
T1 $0,5 \times 10^{-4}$ M (As50)	0,06 a	18,25 a	36 b	1,63b
T2 $1,0 \times 10^{-4}$ M(As100)	0,00 a	29,50 b	1,25 a	0 a
T3 $0,3510 \times 10^{-3}$ M(E100)	0,09 a	19,75 a	36,50 b	1,68 b
T4 $1 \times 10^{-4} = AJ^{-4}; (AJ^{-4})$	0,12 a	20,25 a	49 b	2,23 b
T5 $1 \times 10^{-5} = (AJ^{-5})$	0,16 a	19,50 a	55,25 b	2,38 b
T6 $1 \times 10^{-3} = E50$	0,06 a	21 a	42b	2,60 b
T7 (Control)	5,05 b	21,75 a	97,50 c	5c
CV	0,82	24,86	0,57	43,01
R <sup>2</sup>	48,67	0,31	53,06	0,68
P	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Los resultados indicaron el potencial del uso de estos elicidores (fitohormonas) para reducir los daños provocados por *Nacobbus aberrans* en tomate, siendo necesario continuar investigando las implicancias prácticas de su uso, así como profundizar en la comprensión de su modo de acción sobre este nematodo.

## Referencias

- Agrawal, A. A., Strauss, S. Y., & Stout, M. J. (1999).** Costs of induced responses and tolerance to herbivory in male and female fitness components of wild radish. *Evolution*, 53, 1093–1104.
- Agrios, George N. (2005).** Fifth Edition. Plant Pathology. pp 948. Editor Elsevier, Academic Press.
- Almaráz, Rodolfo & Camarena-Gutiérrez, G. (2007).** Resistencia sistémica adquirida en plantas: estado actual. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 13. 157-162.
- Altieri, A. M. (1999).** Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. ED. Nordan-Comunidad. Cáp.4, Pág. 74-75.
- Baldwin, J.G. & Cap, G.B. (1992).** Systematics of *Nacobbus*, the false root-knot nematode. En: “Nematology: from Molecule to Ecosystem”. F. S. Gommers y P. W. Th. Mass editores. Publicado por European Society of Nematologists. Dundee, Scotland. pp.:101-112.
- Baldwin, I. & Preston, C. (1999).** The eco-physiological complexity of plant responses to insect herbivores. *Planta* 208: 137-145.
- Bari R. & Jones J. D. G. (2009).** Role of plant hormones in plant defence respuestas. *Plant Mol. Biol.* Vol 69: 473-488.
- Bergelson J, Purrington CB (1996).** Surveying patterns in the costs of resistance in plants. *American Naturalist* 148:536–558.
- Blok, V.C.; Jones, J.T.; Phillips, M.S.; Trudgill, D.L. (2008).** Parasitism genes and host range disparities in biotrophic nematodes: the conundrum of polyphagy versus specialisation. *BioEssays*, 30, 249–259.
- Bray, E. A.; Bailey-Serres, J; Weretilnyk, E. (2000).** Chapter 22. Responses to Abiotic Stresses. pp 1158-1203 in Buchanan, B., Grussem, W. and Jones, R. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Eds. 1.367 págs. American Society of Plant Biologist.
- Buchanan, B.B.; Wilhelm, G.; Russell, J. (2015).** Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plan Physiologist, 1265 pp.
- Bucco, N; Figueroa, L; Martínez; S; Carbone, A; Garbi, M; Cerisola. C. (2015).** Manejo sustentable: Combinación de aplicación de AS en tomate Yigido injertado sobre Beaufort conducidos a dos y cuatro ramas en suelo biofumigado. *Horticultura Argentina* 34(85) ISSN de la edición on line 1851-9342.
- Castro, A.M., (1994).** Tesis Doctoral: Uso de *Hordeum chilense* en la mejora de la resistencia a áfidos en cereales. Universidad de Córdoba. Departamento de Genética. Escuela Técnica Superior de Ing. Agr. y de Montes. Córdoba. España.
- Cipollini, D. F. (2002).** Does competition magnify the fitness costs of induced responses in *Arabidopsis thaliana*? A manipulative approach. *Oecologia*, 131, 514–520.
- Conrath, U., Beckers, G. J. M., Flors, V., García-Agustín, P., Jakab, G., Mauch, F., Prime-A-Plant Group, et al. (2006).** Priming: getting ready for battle. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 19, 1062–1071.

- Costilla, M. (1985)** (a). El nematodo del rosario o el falso nematodo del nódulo *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen, 1944 y su relación con el cultivo de papa en el Noroeste Argentino. En: Investigaciones Nematológicas en Programas Latinoamericanos de papa. J. Franco y H. Rincón (eds.). Centro Internacional de la Papa (CIP): 3-16.
- Costilla, M. (1985)** (b). Grado de susceptibilidad y resistencia de plantas cultivadas y no cultivadas al falso nematodo del nódulo *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935)
- Cristóbal-Alejo, J.; Mora-Aguilera; Manzanilla-López, R.H; Marbán-Mendoza, N; Sánchez-García, O.; Cid del Prado, V.I; Evans, K. (2006).** Epidemiology and Integrated control of *Nacobbus Aberrans* on Tomato in México. *Nematology* 8: 727-737.
- Chaves, E. & de Sisler, G.M. (1980).** Presencia de *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne y Allen, 1944 (Nematoda: Nacobidae) en cultivos hortícolas de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe, y su asociación con otros nemátodos endoparásitos. IDIA-Ene-Feb. 1980:13-15.
- Chaves, E. & Torres, M. (1993).** Nematodes parásitos de la papa del sudeste bonaerense. INTA-Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Boletín Nº 115: 1-21.
- Dangl, J. L.; Dietrich, R. A.: Thomas, H. (2000).** Senescence and Programmed Cell Death. pp 1044-1100 in Buchanan, B., Gruisse, W. and Jones, R. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Eds. 1367 págs. American Society of Plant Biologist.
- Dong, X. (2004).** Genetic dissection of systemic acquired resistance. *Current Opinion in Plant Biology*, 4, 309–314.
- Doucet, M.E; Fernandez, G. M.del C; Aguero, A.; Cruz, R.D.; Pico Zosi, R.; Luque, O.; Nahuel, R.D.; Lax, P. (2016).** Importance of Agricultural Nematology, outreach, Modern Agricultural Science and Technology. Año 2 p46-53.
- Fernández Valiela, M, V. (1952).** Introducción a la Fitopatología, 873 pp
- Fernández, R.; Sangiácomo, M.; Cuellas, M.; Puerta, A. (2005).** Sustitución del Bromuro de Metilo y la situación del sector florícola en los alrededores de Buenos Aires (Argentina). Proyecto ONUDI-INTA/MP/ARG/00/33. AER INTA Gran Buenos Aires.
- Flores Camacho, R.; Manzanilla Lopez, R.; del Prado Vera, I.; Martínez Garza, A. (2007).** Control de *Nacobbus Aberrans* (Thorne) Thorne y Allen con *Pochonia Chlamydosporia* (Goddard) Gams y Zare. *Revista Mexicana de fitopatología* 21:1 Obregon. Mexico.
- Franco, J.; Ramos, J.; Oros, R.; Main, G. & Ortúñoz, N. (1998/1999).** Pérdidas Económicas Causadas por *Nacobbus aberrans* y *Globodera spp* en el Cultivo de la Papa en Bolivia. *Revista Latinoamericana de la Papa* 11: 40-66.
- Franco-Ponce, J. & Gonzalez-Verastegui, A. (2011).** Pérdidas causadas por el nemátodo de la papa. *Revista latinoamericana de la papa* I 16(2) 233:249
- Gilreath, J.P.; Noling, J.W.; Jones, J.P.; Overman, A.J. & Santos, B.M. (2003).** Experiencias iniciales con alternativas al bromuro de metilo en tomate. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 69: 73-76
- Goellner, K. & Conrath, U. (2008).** Priming: it's all the world to induced disease resistance. *Eur. J. Plant Pathol.* vol.121 pp.233-242.

- Gregory, B M.; Bogdanove, A. J. & Sessa G. (2003).** Understanding the Functions of Plant Disease Resistance Proteins. *Annual Rev. Plant Biol.* Vol 54:23-61.
- Hatchett, L. & Gallun, R. (1970).** Genetics of the ability of the Hessian fly *Mayetiola destructor*, to survive on wheats having different genes for resistance. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 63: 1400-1407.
- Hammond-Kosack, K.; Jones, J. D.G. (2015).** Chapter 21. Responses to Plant Pathogens. pp 984-1050 in Buchanan, B., Grussem, W. and Jones, R. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. Eds. American Society of Plant Biologist. 1265 págs.
- Heidel, A. J., Clarke, J. D., Antonovics, J., & Dong, X. (2004).** Fitness costs of mutations affecting the systemic acquired resistance pathway in *Arabidopsis thaliana*. *Genetics*, 168, 2197–2206.
- Heil, M. & Baldwin, I.T. (2002).** Fitness costs of induced resistance: emerging experimental support for a slippery concept. *Trends in Plant Science*, 7 (2), 61-67.
- Heil, M., & Kost, C. (2006).** Priming of indirect defences. *Ecology Letters*, 9, 813–817.
- Heil, M., & Silva Bueno, J. C. (2007).** Within-plant signaling by volatiles leads to induction and priming of an indirect plant defence in nature. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 104, 5467–5472.
- Herms, D. A. & Mattson, W. J. (1992).** The dilemma of plant: to grow or to defend. *Quarterly Review of Biology* 67, 283-335.
- Karban, R. & Baldwin, I.T. (1997).** Induced responses to herbivory. University of Chicago Press, Chicago.
- Keen, N. T. & Yang, C. H. (1999).** Functional genomics: Plant-microbe interactions gingerly put a foot in the water. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 55, 313-315.
- Lee, J. M. (2003).** Advances in vegetables grafting. *Chronica Horticulturae* 43 (2): 13-19
- Levitt, J. (1980).** Response of Plants to Environmental Stresses, Second Edition, Vols. I and II. Academic Press, New York and London.
- Manzanilla-López, R.; Costilla, M.A.; Doucet, M.; Franco, J.; Inserra, R.N.; Lehman, P.S.; Cid Del Prado, I.; Souza, R. & Evans, K. (2002).** *Nacobbus* species: Systematic, distribution, biology and management. *Nematoxpica* 32:149-227.
- Martínez, S. B.; Garbi, M.; Puig, L.; Cap, G.B.; Giménez, D.O (2021).** Fitohormonas reducen daños por *Nacobbus aberrans* en tomate (*Solanum lycopersicum*) *Revista Chilean J. Agric. Anim. Sci.*, ex Agro-Ciencia (2021) 37(1): 43-53. ISSN 0719-3882 print ISSN 0719-3890 on line.
- Martínez, S.B; Pincioli, M.; Garbi, M.; Morelli, G.; Somoza, J.; Grimaldi, M.C. (2016).** Horas de Exposición a la Temperatura de Punto de Rocio (TPR) como variable para el pronóstico de *Oidium neolycoptersici* en dos híbridos de Tomate. XV Reunión Argentina de Agrometeorología VIII Latinoamericana de Agrometeorología organizada por la AADA Puerto Madryn ISBN 978-987-42-2098-1.
- Molinari, S. (2008).** Salicylic Acid as an Elicitor of resistance to root-knot Nematodes in Tomato. *Revista Acta Horticulturae* ISBN 90 6605 126 4. 789: 119.125 .ISHS.

- Ortega Cartaza, E. (2008).** El nematodo quiste de la papa I: Origen, diseminación, biología e importancia económica. Revista Digital INIA HOY N° 1, enero-abril URL: [http://www.inia.gob.ve/index.php?option=com\\_content&task=view&id=459&Itemid=151ue](http://www.inia.gob.ve/index.php?option=com_content&task=view&id=459&Itemid=151ue).
- Ploeg, A. T.; Riverside, U. C.; Stapleton, J. J. (2001).** The effects of temperature, time, and amendment of soil with broccoli residues on the infestation of melons (*Cucumis melo* L.) by two root-knot nematode species. UC Plant Protection Quarterly. On line: [www.uckac.edu/ppq](http://www.uckac.edu/ppq)
- Painter, R.H. (1951).** Insect resistance to crop plants. The McMillan Co., New York, 151 pp.
- Pozo, M. J.; Van Loon, L. C. & Pieterse, C. M. J. (2005).** Jasmonates – Signals in plant–microbe interactions. Journal of Plant Growth Regulation, 23, 211–222.
- Redman, A. M.; Cipollini, D. F.; Schultz, J. C. (2001).** Fitness costs of jasmonic acid-induced defenses in tomato, *Lycopersicon esculentum*. Oecologia 126: 380–385.
- Rice, M.J. (1993).** Built in resistance protection. Pest Control and Sustainable Agriculture, pp: 161-163.
- Ronco, L.; Rollán, C.; Larrán, S.; Mónaco, C.; Dal Bó, E. (2008).** Manual para el reconocimiento de enfermedades de Tomate y Pimiento.50 pp
- Simms, E. L.; Rausher, M. D. (1987).** Cost and Benefits of plant resistance to herbivory. Ann. Nat. 13: 570-581.
- Singh, D.P. (1989).** Breeding for resistance to diseases and insect pests. Springer-Verlang, Chapters 3: 35-61; 4: 62-90; 6: 121-153.
- Singh, S. K; Hodda, M.; Ash, G. J. (2013).** Plant-parasitic nematodes of potential phytosanitary importance, their main hosts and reported yield losses.OEPP/EPPO:Boletin 43:334-374.
- Sirohi, A. ; Mohanty, K. C. ; Pankaj, S. J. ; Eapen, A. ; Ganguly, K. & Rao, U. (2005).** Molecular basis of plant-nematode interaction and genetic engineering for their management. National Symposium on Recent Advances and Research Priorities in Indian Nematology 9 - 10. p. 3.
- Tadeo, F.R. (2008).** Fisiología de las Plantas y el Estrés. pp 577-598. en Fundamentos de Fisiología Vegetal, Azcón-Bieto, y Talón, pp 651. Mc Graw-Hill. Interamericana de España, Madrid.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2015).** Plant physiology. 6ta. Ed 843 págs. Sinauer Associates, Inc Publishe.
- Tian, D.; Traw, M. B.; Chen, J. Q.; Kreitman, M. & Bergelson, J. (2003).** Fitness costs of R-gene-mediated resistance in *Arabidopsis thaliana*. Nature, 423, 74–77.
- Van der Plank, J. E. (1975).** Principles of plant infection. Acad. Press, London N. Y., 225 pp.
- Verdejo, L. & McKenry, M. V. (2004).** Management of the Citrus Nematode, *Tylenchulus semipenetrans* S. Journal of Nematology 36(4):424–432.
- Verhagen, B. W. M.; Glazebrook, J.; Zhu, T.; Chang, H. S.; Van Loon, L. C., & Pieterse, C. M. J. (2004).** The transcriptome of rhizobacteria-induced systemic resistance in *Arabidopsis*.Molecular Plant-Microbe Interactions, (8): 895 – 908.
- Vlot, A. C.; D'Maris A. D. & Klessig, D. F. (2009).** Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. Annu. Rev. Phytopathol. 2009.47:177-206.
- Waller, F.; Achatz, B.; Baltruschat, H.; Fodor, J.; Becker, K.; Fischer, M.; et al. (2005).** The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 102, 13386–13391.

## CAPÍTULO 5

# Descripción morfológica, anatómica e histoquímica como herramienta eficaz para la correcta aplicación de fitosanitarios

*Alejandra Victoria Carbone, Marcelo Paulo Hernández*

El estudio y conocimiento de la morfología y anatomía de los órganos que forman el cuerpo de los vegetales constituyen una herramienta importante e indispensable para los estudiantes y futuros profesionales de las ciencias agrarias. En este sentido, es importante mencionar que el correcto conocimiento de estas disciplinas permitirá comprender la constitución de los diversos tejidos y órganos vegetales como los procesos fisiológicos involucrados y la adaptación a las diferentes condiciones ambientales imperantes. Desde el punto de vista profesional resulta relevante la observación y manejo de los caracteres morfológicos externos del vegetal, y que éstos sean apoyados con estudios histológicos para la correcta toma de decisiones de manera sustentable.

En este capítulo se hará una reseña de los órganos vegetativos vegetales, su constitución morfológica y anatómica y los caracteres más relevantes a tener en cuenta al momento de tomar la decisión de aplicar fitosanitarios. Asimismo, se presentarán las técnicas histológicas e histoquímicas más utilizadas para estudiar la anatomía de los órganos vegetales, su caracterización y contenido de diversos compuestos derivados del metabolismo.

## Morfología y anatomía vegetal

Las estructuras de las plantas con flores están constituidas por órganos de carácter vegetativo (raíz, tallo y hojas) y reproductivos (flor, fruto y semilla). El crecimiento de los organismos vegetales está determinado por la actividad de tejidos especializados, denominados meristemas, cuyas células se dividen por mitosis y generan los tejidos vegetales adultos que conformarán los órganos anteriormente mencionados.

Los meristemas se ubican en los ápices del tallo (plúmula) y de la raíz (radícula), generando el crecimiento en longitud en todos los vegetales. En las plantas que poseen crecimiento secundario, como los árboles y arbustos, están presentes los meristemas laterales: cambium vascular y cambium suberógeno, quienes producen el crecimiento en diámetro o grosor de las

raíces y tallos. La actividad de los meristemas primarios y secundarios, es estacional y está fuertemente condicionada por las condiciones ambientales, fundamentalmente la temperatura aérea y edáfica, y la duración de las horas de luz o fotoperíodo. Cuando estas variables se presentan en forma favorable dentro de los rangos óptimos para cada vegetal, el crecimiento se verá favorecido. Sin embargo, cuando las condiciones se escapan del óptimo o interactúa con alguna otra variable ambiental o biótica que ejerza un efecto desfavorable, se verá fuertemente afectado el crecimiento por una disminución acentuada de la actividad mitótica de los meristemas. Esto conlleva a suponer que el crecimiento y desarrollo de los vegetales está fuertemente condicionado por innumerables factores bióticos y abióticos quienes en su conjunto determinarán la productividad de un cultivo. Asimismo, hay que considerar que cualquier práctica cultural o agronómica que se lleve a cabo impactará, en mayor o menor medida, en el crecimiento y productividad vegetal.

## Raíz

Las raíces tienen la función de anclar la planta al sustrato, absorber agua y nutrientes minerales y en numerosos casos constituirse en los órganos de reserva (zanahoria, topinambur, etc) creciendo en forma perpendicular al suelo. Para que éste órgano pueda llevar a cabo su función en forma correcta es necesario que la zona cercana a los ápices radiculares, denominada zona pilífera, pueda crecer y explorar el perfil del suelo sin mayores inconvenientes. Dicha zona pilífera se caracteriza por la presencia de numerosos pelos radiculares o radicales quienes son los responsables de la absorción del agua y nutrientes hacia el tejido de conducción interno especializado en el traslado hacia el resto del cuerpo vegetal.

En lo que se refiere a la estructura interna de la raíz la misma se halla cubierta por un tejido externo uniestratificado denominado rizodermis, cuya función es de protección. Internamente se halla el parénquima cortical, de espesor variable y constituido por células vivas que cumplen la función de almacenamiento o reserva. La capa más interna de la corteza la constituye la endodermis, formada por una sola hilera de células cuyas paredes radiales y transversales sufren un engrosamiento a modo de cinta con sustancias hidrofóbicas denominada Banda de Caspary. Se atribuye a dicha banda la función de impedir la difusión del agua a través de las paredes celulares provocando que las soluciones acuosas ingresen al protoplasto de las células de la endodermis. Internamente a la zona cortical se encuentra el cilindro central o vascular quien está constituido por el Xilema: tejido conductor de agua y nutrientes minerales disueltos (sabia bruta) y por el Floema: tejido conductor de los fotoasimilados generados por el proceso de fotosíntesis (sabia elaborada). La distribución de dichos tejidos vasculares en la raíz es muy característica disponiéndose en forma alterna el floema y de forma radiada el xilema. Ubicado entre los tejidos vasculares y la endodermis se halla presente una capa de células parenquimáticas de carácter embrionario o meristemáticas que se denomina periciclo y que dará origen a las raíces laterales.

En las especies Angiospermas dicotiledóneas bianuales o perennes, se presenta el crecimiento secundario determinado por la presencia de un meristema lateral denominado cambium vascular que está ubicado rodeando al xilema y entre los islotes alternos de floema. Dichas células cambiales se dividen y van originando elementos xilemáticos en forma centrípeta y elementos floemáticos en forma centrífuga, generando el xilema y floema secundario que dará como consecuencia el engrosamiento del sistema radicular.

## Tallo

Los tallos constituyen un órgano vegetativo que puede presentar mucha diversidad atendiendo a los caracteres externos e internos, pudiendo ser aéreos y tener forma de caña (como en las gramíneas), erectos (zanahoria, apio, repollo), volubles (tomate, pimiento, berenjena) o bien ser subterráneos como los bulbos (cebolla, ajo), tubérculos (papa, topinambur) y rizomas (jengibre, cúrcuma).

Si se observa la morfología del tallo se podrá observar que en este órgano se insertan las yemas, tanto la apical o terminal, como las axilares, que darán origen al crecimiento en longitud del tallo y a las hojas, respectivamente. La zona donde se insertan las hojas se denomina nudo y la zona comprendida entre dos nudos sucesivos constituye el entrenudo. Las yemas en sí mismas constituyen vástagos no desarrollados que entran en actividad en forma estacional generando hojas, ramificaciones laterales, y estructuras reproductivas. La yema terminal posee la capacidad de dividirse indefinidamente por la actividad del meristema apical mientras que las yemas axilares poseen crecimiento definido y pasan por estados de latencia o reposo. Dicha actividad de las yemas laterales está gobernada por la yema terminal que ejerce un efecto determinante en el crecimiento y ramificación del tallo. Aquellas plantas que poseen la yema terminal apical activa durante todo el ciclo de vida del vegetal tendrá tallos con crecimiento monopodial restringiendo la ramificación lateral (repollo, coliflor). En numerosas especies el meristema apical terminal luego de un período de actividad, cesa su crecimiento o bien dan origen a las estructuras reproductivas. En este caso el crecimiento posterior lo llevan a cabo yemas laterales que toman el lugar y características del eje principal, estableciendo un crecimiento de tipo simpodial.

La estructura interna de los tallos jóvenes permite distinguir que el tejido más externo en éste órgano es la epidermis. Las paredes periclinales externas de la epidermis se impregnán con una sustancia hidrofóbica muy resistente que se denomina cutina, en un proceso que se denomina cutinización. Asimismo, se produce una deposición de esta sustancia sobre la superficie externa de la epidermis formando lo que se conoce como cutícula, en un proceso denominado cuticularización. La formación de la cutícula, su espesor y características constituyen una barrera impermeable al agua y los gases y, en consecuencia, a determinados fitosanitarios que se apliquen. Sin embargo, la epidermis del tallo en su superficie presenta estomas que son células especializadas en el intercambio gaseoso necesario para que las

plantas puedan llevar a cabo el proceso de fotosíntesis, respiración y transpiración. Estas células poseen un mecanismo ajustado de apertura y cierre que está regulado por un sinnúmero de factores ambientales (luz, disponibilidad de agua, temperatura), procesos internos del vegetal (hormonas, desacoplantes) y prácticas culturales agronómicas como la aplicación de diversos fitosanitarios (herbicidas y fertilizantes foliares). Es muy frecuente que sobre la epidermis del tallo se encuentren pelos de diversas características (uni o pluricelulares, simples o ramificados, peltados, glandulares, capitados, etc) y en cantidades variables. Estos caracteres son importantes de conocer al momento de decidir la aplicación de fitosanitarios para evaluar la eficacia de la absorción y penetración de los mismos.

La zona comprendida entre la epidermis y el tejido vascular del tallo se denomina corteza pudiendo aparecer tres tipos de tejidos: parénquima de almacenamiento y/o de elaboración, colénquima y esclerénquima, éstos dos últimos poseen función mecánica o de sostén. Las células del tejido colénquimático posee sus paredes engrosadas generalmente en sus esquinas o ángulos sin significarse dado que es un tejido vivo en posición sub-epidérmica. El esclerénquima posee sus células con paredes secundarias fuertemente lignificadas diferenciándose dos tipos fundamentales, las fibras alargadas con extremos aguzados y las esclereidas que son isodiamétricas con diversas formas (estreillas, forma de hueso, romboidales, etc). Dentro del córtex se encuentra el cilindro vascular, que contiene los tejidos de conducción, quienes en el tallo están organizados en bandas denominadas haces vasculares. Cada haz vascular posee el xilema orientado hacia el centro (médula) y el floema hacia la periferia (corteza). Los tipos de haces vasculares pueden ser colaterales abiertos cuando entre el xilema y el floema está presente el meristema secundario denominado cambium vascular que origina el crecimiento en diámetro o grosor de éste órgano en las plantas perennes. Los haces vasculares cerrados no poseen cambium entre xilema y floema y están presentes en las plantas herbáceas que solamente tienen crecimiento primario (Angiospermas monocotiledóneas). Dos familias de Angiospermas dicotiledóneas de importancia hortícola, como las Solanáceas y Cucurbitáceas, poseen haces vasculares bicolaterales con floema hacia ambos lados del xilema (ejemplo son el zapallo, sandía, melón, pepino, tomate, berenjena, pimiento, etc).

Las plantas que poseen crecimiento secundario son las pertenecientes a la División Gimnospermas y Angiospermas clase dicotiledóneas quienes presentan los meristemas laterales cambium vascular y cambium suberógeno o felógeno. El cambium vascular mediante su actividad origina xilema y floema secundario (con función de conducción de sabia bruta y elaborada, respectivamente) mientras que el cambium suberógeno genera felodermis y súber o corcho (con función de protección).

## Hoja

Las hojas constituyen el órgano principal para la síntesis de compuestos orgánicos (azúcares) a partir de compuestos inorgánicos (anhídrido carbónico y agua) utilizando la luz solar como fuente de energía para dicho proceso conocido como fotosíntesis. Este proceso tiene lugar en el

tejido parenquimático de elaboración (clorénquima) cuyas células poseen abundantes cloroplastos quienes contienen el pigmento clorofila. La estructura interna y externa de la hoja está especializada para llevar a cabo este proceso fundamental de síntesis y de transpiración mediante el cual la planta pierde agua en forma de vapor disipando calor.

Las hojas son apéndices planos y generalmente delgados adaptados para que los rayos solares penetren en todas sus células posibilitando un adecuado intercambio gaseoso. La lámina foliar está atravesada por un número variable de venas que contienen haces vasculares manteniendo la total distribución de sangre bruta y elaborada a toda la superficie foliar. Las hojas poseen una cara superior, epidermis adaxial o haz, que está directamente expuesta a la radiación solar, y una cara inferior, epidermis abaxial o envés, que generalmente está interrumpida por estomas facilitando el intercambio gaseoso entre la lámina y la atmósfera. Entre ambas epidermis se encuentra el tejido parenquimático que puede estar diferenciado en dos tipos: hacia la cara superior se encuentra el parénquima en empalizada cuyas células son alargadas y se disponen en sentido perpendicular a la epidermis para optimizar la captación de los rayos solares. Las células del parénquima en empalizada son alargadas y contienen abundante cantidad de cloroplastos. Hacia la epidermis inferior se encuentra el parénquima esponjoso o lagunar cuyas células tienen una disposición irregular dejando amplios espacios intercelulares que favorecen la difusión de los gases necesarios para que se lleve a cabo de manera eficaz los procesos de fotosíntesis y transpiración.

La superficie foliar confiere características determinantes al momento de la aplicación de los fitosanitarios dado que la mayoría de las especies vegetales se caracteriza por poseer las células epidérmicas con las paredes periclinales externas más gruesas que las anticliniales y las periclinales internas. Las paredes periclinales externas están cubiertas por la cutícula, quien constituye la primera barrera protectora entre la superficie aérea de la planta y el medio que la rodea y también la principal barrera frente al desplazamiento de agua y solutos, incluida la transpiración (Riederer & Schreiber, 2001). La cutícula está constituida por compuestos lipídicos insolubles, la cutina, y por ceras solubles, algunas de las cuales se depositan en la superficie y otras se incluyen en la matriz (Jeffree, 1996). Las ceras se pueden depositar en la superficie de la cutícula, constituyendo ceras epicuticulares, o estar incluidas en la matriz, denominándose cera intracuticular. Las características que posea la cutícula afecta de manera importante la permeabilidad, ya que aquellas que poseen estructura totalmente reticulada son más permeables a ciertas sustancias que otras provistas de una región lamelar externa (Santier & Chamel, 1998).

Son las ceras cuticulares las que constituyen la barrera principal a la difusión del agua y los solutos a través de la cutícula, al crear en gran parte un camino tortuoso y, por lo tanto, más largo para las moléculas que se difunden (Buchholz & Schonherr, 2000). Estos autores demostraron que la fase amorfa de las ceras cuticulares son exclusivas para el pasaje de solutos lipofílicos, mientras que la fracción hidrofílica puede difundir a través de poros llenos de agua siendo la ruta que probablemente siguen los compuestos orgánicos hidrosolubles y los iones inorgánicos (Beattie & Marcell, 2002).

Otras características morfológicas importantes a tener en cuenta al momento de decidir la aplicación de los fitosanitarios es el área foliar, el ángulo de inserción y la posición de las hojas, el número y tamaño de estomas, tricomas y glándulas (Wanamarta & Penner, 1989).

## Algunas técnicas morfoanatómicas e histoquímicas aplicadas en histología vegetal

El estudio básico de una especie vegetal abarca fundamentalmente las siguientes etapas: a- recolección de material vegetal, b- observación de sus caracteres morfológicos, c- identificación taxonómica, d- herborización, e- descripción morfológica y f- descripción anatómica e histoquímica.

### 1. Recolección de ejemplares vegetales

Un ejemplar vegetal de estudio es un fragmento de una planta que presenta órganos vegetativos (raíz, tallo y hoja) y reproductivos (flor, fruto y semillas) en conexión orgánica. Para una adecuada recolección de ejemplares vegetales en un área de estudio, se necesitan fundamentalmente los siguientes elementos: GPS, pala, tijera de podar, prensa, papel de diario, frascos con líquido fijador y conservante denominado FAA (formol, alcohol etílico 70%, ácido acético) (Johansens, 1940), bolsas, etiquetas, libreta de campo, lápiz y goma de borrar. Luego, los ejemplares vegetales recolectados y rotulados, se ubican entre hojas de papel de diario, dentro de una prensa, o en frascos con FAA, de manera fragmentada, cuando el material es carnoso. De esta manera, los ejemplares vegetales son trasladados al laboratorio para su estudio. Es importante destacar que es necesario recolectar al menos tres ejemplares por especie a estudiar, uno que servirá como material deshidratado de referencia (material de herbario) y los restantes para su apropiado estudio morfo-anatómico e histoquímico.

### 2. Observación de caracteres morfológicos de un ejemplar vegetal

Para la observación morfométrica de los órganos vegetativos y reproductivos de un ejemplar vegetal, se utiliza una Lupa binocular y una regla milimetrada o un calibre milimétrico. Debemos destacar que también existen otros caracteres organolépticos (aroma, color, consistencia, sabor y textura) como parte descriptiva de una especie vegetal.

### 3. Identificación de un ejemplar vegetal

La determinación de un ejemplar vegetal, nos permite hallar su categoría taxonómica, por ejemplo, su nombre científico. Esta tarea se lleva a cabo mediante el uso de una herramienta denominada “clave dicotómica”. Una clave dicotómica o diacrítica está constituida por afirmaciones contrapuestas (dilemas) integradas por caracteres morfológicos de los órganos vegetativos y reproductivos de las plantas. Estos caracteres se observarán bajo Lupa binocular con la ayuda de agujas histológicas, pinza y bisturí.

### 4. Herborización de un ejemplar vegetal

Una vez identificado, uno de los ejemplares vegetales correspondientes a la misma categoría taxonómica, por ejemplo “especie”, se deshidratará y se montará sobre una cartulina que llevará en el margen inferior derecho una etiqueta con los siguientes datos: nombre científico, nombres vulgares, familia botánica, fecha de recolección, lugar de recolección más datos de GPS, nombre

y apellido de el o los colectores, nombre y apellidos de el o los determinadores, número de recolección y observaciones. La deshidratación de los ejemplares vegetales prensados se llevará a cabo mediante el cambio del papel absorbente de humedad (papel de diario) cada 24 horas., en una o dos semanas. El tiempo de este proceso podrá reducirse utilizando estufas adecuadas. Finalmente, cada ejemplar vegetal herborizado correspondiente a una especie determinada y estudiada, se depositará en un herbario (material de referencia), por ejemplo, el Herbario de la Facultad de Agronomía de La Plata cuya sigla es “LPAG”.

## **5. Descripción morfológica de la especie vegetal.**

Para la observación y análisis morfométrico de los órganos vegetativos y reproductivos de un ejemplar vegetal, se utiliza un calibre milimétrico y una Lupa binocular de hasta 50 aumentos, equipada con cámara clara de dibujo.

## **6. Descripción anatómica**

### **6.1. Estudio de la superficie foliar**

Para poder observar las características de la superficie de la lámina de una hoja (morfometría de sus células, tipo de estomas, densidad e índice estomático, tipo de tricomas., y otro tipo de indumento) debemos previamente lograr la transparencia de este órgano. A continuación, describiremos dos técnicas de diafanización: I. técnica de Dizeo de Strittmatter (Dizeo de Strittmatter, 1973) y II. técnica de clarificación 5-5-5 (Arambarri (2018).

#### **Técnica de Dizeo de Strittmatter**

- a- Colocar el material vegetal (fresco o fijado en FAA, mínimo 48 horas) en un vaso de precipitado, conteniendo alcohol 96°. El vaso es sometido al calor de un mechero controlando el tiempo de ebullición de su contenido; por esta razón debe ser cubierto con una tapa para acelerar el proceso de diafanización y para evitar la eyección de su contenido evitando accidentes. El tiempo de hervor dependerá del tipo de material vegetal, que irá dependiendo de la clorofila. Luego el vaso de precipitado se retirará del fuego.
- b- Agregar hidróxido de sodio al 5% en cantidad igual a la que queda de alcohol 96°. Nuevamente cubrir el vaso de precipitado. Hervir con fuego muy suave un tiempo variable de acuerdo al material, no más de 1 minuto. Retirar del fuego.
- c- Deshechar el líquido y lavar muy bien sumergiendo suavemente el material vegetal en agua corriente y luego en agua destilada, ya que está muy frágil,
- d- Clarificar el material vegetal con hipoclorito de sodio al 50%, controlando el tiempo de la decoloración para evitar la destrucción del material.
- e- Lavar el material vegetal con agua destilada.
- f- Colocar el material vegetal en hidrato de cloral, en una caja de petri con tapa, uno o varios días.
- g- Extraer el material vegetal y colocarlo en una caja de Petri con agua destilada (Lámina 1: A).
- h- Montar el material vegetal en gelatina-safranina o gelatina-fucsina (medio de montaje) después de 24 horas como mínimo.
- i- Observar al microscopio óptico.

### **Técnica de clarificación 5-5-5**

- a. Volcar en un recipiente de vidrio con tapa de plástico, partes iguales de hidróxido de sodio al 5% e hipoclorito de sodio al 5% y sumergir el material a diafanizar.
- b. Dejar reposar el material vegetal 4 a 5 días, controlando su estado. Cuando el material se observe decolorado, levemente amarillento, será el momento de continuar.
- c. Extraer el material vegetal cuidadosamente con una pinza histológica, colocarlo en una caja de Petri con agua destilada, lavarlo 2 a 3 veces sosteniendo el material con la pinza sin soltarlo para mantener la posición.
- d. Decolorar el material, si es necesario, en una caja de petri que contenga hipoclorito de sodio al 50%.
- e. Repetir el paso “c” y realizar un último lavado con agua destilada.
- f. Colocar el material vegetal en hidrato de cloral mínimo 24 horas.
- g. Lavar y montar el material vegetal en gelatina-safranina o gelatina-fucsina.
- h. Sellar el preparado histológico con esmalte de uñas transparente.
- i. Observar al microscopio óptico.

### **Densidad e índice estomático**

Para calcular la densidad e índice estomático (DE - IE) presente en la lámina foliar, se observa el preparado histológico al microscopio óptico equipado con cámara clara de dibujo, utilizando un objetivo de 40 X, equipado con cámara clara de dibujo. Esto permite marcar sobre una hoja de papel las células epidérmicas y los estomas presentes en el campo visual proyectado sobre el papel. Así, mediante conteo, establecemos el número de células epidérmicas (Nº CE) y el número de estomas (Nº E) presentes. Las fórmulas para calcular estos parámetros son las siguientes:

$$DE = \text{Nº E} / \text{superficie del campo visual MO}$$

$$IE = [\text{Nº E} / (\text{Nº E} + \text{Nº CE})] \times 100$$

Estas fórmulas pueden aplicarse también para calcular densidad e índice de tricomas (DT - .IT). Los cuatro parámetros son de suma utilidad en estudios fisiológicos y adaptativos de las plantas.

## **6.2. Estudio de la estructura interna del órgano vegetal**

### **6.2.1 Cortes del material vegetal**

Para observar, identificar, describir y analizar la disposición de los tejidos internos de un órgano vegetal debemos hacer cortes transversales y/o longitudinales. Estos cortes pueden llevarse a cabo de diversas maneras:

#### **I- Corte a mano alzada de material fresco o seco**

- a. Depositar el material vegetal entre dos segmentos de médula vegetal o telgopor de no más de 0,5 cm de espesor.
- b. Efectuar cortes deslizando la hoja de afeitar perpendicularmente respecto al elemento de sostén, de adentro hacia afuera.

- c. Depositar los cortes en un vidrio de reloj o caja de petri en agua destilada.
- d. Seleccionar los mejores cortes utilizando una pinza histológica y una lupa binocular, depositándolos en otra caja de petri con agua destilada.

## **II. Corte con micrótomo de deslizamiento**

Este dispositivo se utiliza para realizar cortes histológicos de material vegetal de 8 a 30 um de espesor.

- a. Depositar el material vegetal (fresco o fijado en FAA) entre dos segmentos de zanahoria o incluirlo en parafina.
- b. Realizar los cortes histológicos deslizando la cuchilla sobre el elemento de sostén (zanahoria o parafina) ajustando el espesor del corte.
- c. Recoger con un pincel húmedo las secciones adheridas a la cuchilla, en sentido opuesto al filo.
- d. Depositar los cortes en un vidrio de reloj o caja de petri con agua destilada.

## **III. Corte con microtomo de congelación**

Este dispositivo posee un mecanismo donde el dióxido de carbono refrigerá la cuchilla y solidifica el órgano vegetal que se halla sobre una platina de congelación, endureciendo sus tejidos sin alterar su composición química ni estructural; por esa razón el uso de este micrótomo es sumamente útil para realizar estudios histoquímicos. Los pasos a seguir son los siguientes:

- a. Cortar trocitos de material vegetal (5 a 8 mm) con una hoja de afeitar.
- b. Embeber un trocito de material vegetal en adhesivo o medio de montaje para congelación.
- c. Congelar sobre la platina del microtomo una capa de 2 a 3 mm de espesor de este adhesivo y luego ubicar el material vegetal.
- d. Verter sobre el material vegetal más adhesivo y dejar congelar hasta que se forme un bloque duro.
- e. Seleccionar el espesor del corte.
- f. Recoger con un pincel húmedo las secciones adheridas a la cuchilla, en sentido opuesto al filo.
- g. Depositar los cortes en un vidrio de reloj o caja de petri con agua destilada.

## **IV. Cortes con xilótomo**

Este dispositivo permite realizar cortes histológicos de órganos leñosos, donde la cuchilla son aptas para cortar materiales duros. De esta manera se pueden estudiar las características anatómicas del leño o madera. Se procede de la siguiente manera:

- a. Cortar con una sierra un cubo o taco de madera de 1,5 cm de lado y orientarlo, mediante el uso de una lupa binocular, en sus tres caras de corte (transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial). Los cubos deben ser abalandados antes de ser cortados, hirviéndolos en un vaso de precipitado con hidróxido de sodio al 5 % durante una 1 hora.
- b. Lavar con agua corriente unos minutos.
- c. Realizar los cortes histológicos deslizando la cuchilla sobre los tacos de madera, ajustando el espesor del corte.

- d. Recoger con un pincel húmedo las secciones adheridas a la cuchilla, en sentido opuesto al filo.
- e. Depositar los cortes en un vidrio de reloj o caja de petri con agua destilada.

### **6.2.2. Coloraciones**

Los cortes histológicos se pueden teñir con colorantes solubles en agua o alcohol. Algunas técnicas de coloración son las siguientes.

- I. Coloración simple con Safranina (Imagen 1: B)
  - a. Colocar los cortes histológicos en un vaso de precipitado con una solución acuosa de hipoclorito de sodio (1:1) hasta que se pongan blancos o transparentes.
  - b. Lavar varias veces con agua corriente.
  - c. Colocar los cortes histológicos en safranina durante 2 a 5 minutos.
  - d. Lavar con agua destilada.
  - e. Montar.
- II- Coloración doble con Safranina y Fast Green o con Safranina y Azul de Alcian. (Imagen1: C)
  - a. Colocar los cortes histológicos en un vaso de precipitado con una solución acuosa de hipoclorito de sodio (1:1) hasta que se pongan blancos o transparentes.
  - b. Lavar varias veces con agua corriente.
  - c. Colocar los cortes histológicos en safranina saturada en alcohol etílico durante 10 a 15 minutos.
  - d. Lavar con alcohol etílico 96° durante 1 minuto.
  - e. Agregar Fast Green saturado en alcohol etílico 100° o Azul de Alcian, no más de 30 segundos.
  - f. Hacer dos lavados con alcohol etílico 100° durante 1 minuto.
  - g. Transferir los cortes a xileno por 1 a 3 minutos.
  - h. Montar.
  - i. Observar al microscopio óptico.

### **6.3. Medios de montaje**

Los cortes histológicos se depositan sobre un material o medio de montaje. Estos medios pueden ser:

- a. Glicerina-agua destilada 1:1 (medio de montaje utilizado para la confección de preparados histológicos que se conservarán solo unos días).
- b. Gelatina safranina o resinas sintéticas medio de montaje hidrosoluble para la confección de preparados histológicos temporales).
- c. Bálsamos sintéticos (medio de montaje no hidrosoluble o miscibles en solventes para confecionar preparados histológicos permanentes).

## **7. Descripción Histoquímica**

Para la identificación de sustancias intra e intercelulares se utilizan diferentes técnicas colorimétricas denominadas “técnicas histoquímicas”. A continuación, se describirán algunas de éstas:

### **7.1. Aceites esenciales o aceites etéreos** (Imagen 1: D y E)

Los aceites esenciales son metabolitos secundarios vegetales, aromáticos y altamente volátiles, responsables de la fragancia de las flores y otros órganos vegetales, hallándose fundamentalmente en tricomas glandulares y osmóforos (Hernández & Katinas, 2019). Están constituidos por hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres y óxidos. Este compuesto vegetal es soluble en ácido acético, alcohol, grasas, ceras y aceites; siembargo es insoluble en agua. Los aceites esenciales se obtienen a partir de materia prima vegetal por medios físicos (hidrodestilación, procesos mecánicos, o destilación seca). Los aceites etéreos se tiñen con el reactivo Rojo Neutro (5 g en 100 ml de agua destilada) y se revelan en forma de gotas que adquirien un color rojo oscuro (Vogel, 1990; Cosa et al. 2014).

#### **Metodología para su identificación**

- a- Decolorar con hipoclorito de sodio (5%) cortes transversales o longitudinales de un órgano vegetal.
- b- Colocar sobre un portaobjetos, unas gotas del reactivo colorimétrico Rojo Neutro.
- c- Agregar uno o más cortes histológicos y dejar actuar 10 minutos.
- d- Lavar los cortes histológicos con un lavado rápido por alcohol 70°, durante unos segundos.
- e- Colocar sobre un portaobjetos glicerina-agua destilada (medio de montaje), colocar los cortes histológicos lavados previamente, colocar un cubre objeto y sellar con esmalte de uñas transparente.
- f- Observar al microscopio óptico.

### **7.2. Almidón** (Imagen 1: F y G).

Los granos de almidón están formados por moléculas de amilosa y amilopectina; están presentes fundamentalmente en el tejido parenquimático de todos los órganos vegetales, por ejemplo, en raíces de *Ipomoea batata* “batata” y en tubérculos de *Solanum tuberosum* “papa”. La tinción con una solución acuosa de Lugol permite identificarlos fácilmente, pues la reacción química, le brinda un color azul-violáceo (a veces casi negro), ya que la amilosa adquiere un color azul y la amilopectina un color violáceo; si el grano de almidón solo presenta amilopectina, se teñirá de color rojizo. El Lugol es una sustancia compuesta por iodo y ioduro de potasio - IKI (Ruzin, 1999).

#### **Metodología para su identificación**

- a. Decolorar con hipoclorito de sodio (5%) cortes transversales o longitudinales de un órgano vegetal.
- b. Colocar sobre un portaobjetos, unas gotas de solución acuosa de Lugol (1:2 o 1:3).
- c. Agregar uno o más cortes histológicos en la solución acuosa de lugol y dejar que el reactivo actúe unos segundos.
- d. Lavar los cortes histológicos con agua destilada, durante unos segundos.
- e. Colocar sobre un portaobjetos glicerina-agua destilada (medio de montaje), colocar los cortes histológicos lavados previamente y colocar un cubre objeto.
- f. Observar al microscopio óptico.

### **7.3. Inulina (Imagen 1: H)**

La inulina es un polisacárido hidrosoluble, formado por moléculas de fructosa, que reemplaza como elemento de reserva al almidón. Este compuesto de reserva, se encuentra en los órganos subterráneos, por ejemplo, en las raíces de la maleza *Baccharis notosergila* Griseb. “carqueja” (Asteraceae), *Dahlia* Cav. “dalia” (Asteraceae) e *Ipomoea batata* “batata” (Convolvulaceae). Cuando este compuesto se deshidrata rápidamente, precipita formando cristales muy delgados que a su vez se agrupan en esferocristales adquiriendo forma de rueda de carro; estas estructuras se ubican cerca de las paredes celulares. La inulina se detecta de dos formas: por deshidratación y por solubilidad (Zarlavsky, 2014).

#### **I. Metodología para su identificación por deshidratación**

- a- Decolorar con hipoclorito de sodio (5%) cortes transversales o longitudinales del órgano vegetal.
- b- Colocar los cortes histológicos en una caja de petri con alcohol etílico absoluto.
- c- Disponer los cortes histológicos sobre un portaobjetos con glicerina-agua destilada (medio de montaje) y colocar un cubre objeto.
- d- Observar al microscopio óptico.

#### **II. Metodología para su identificación por solubilidad**

- a- Decolorar con hipoclorito de sodio (5%) cortes transversales o longitudinales del órgano vegetal.
- b- Colocar los cortes histológicos en una caja de petri y agregar unas gotas de ácido sulfúrico concentrado y unos pequeños cristales de fenol.
- c- Disponer los cortes histológicos sobre un portaobjetos con glicerina-agua destilada (medio de montaje).
- d- Colocar un cubre objeto.
- e- Observar al microscopio óptico.

### **7.4. Resinas (Imagen 2: A)**

Las resinas constituyen mezclas sólidas o líquidas formadas por esencias destilables, ácidos resinosos y otras sustancias. Poseen gran viscosidad. Generalmente, se encuentran en conductos esquizógenos y canales resiníferos de las Coníferas, por ejemplo, en el mesófilo de las hojas de *Pinus*. Al agregar una solución saturada de Sulfato de Cobre y posterior flameado, la resina toma un color verde esmeralda (Cosa et al, 2014). Asimismo, aplicando sobre los cortes histológicos, el reactivo colorimétrico Azul de Toluidina “O”, las resinas se manifiestan tomando un color verde turquesa (Tapia Torres et al. 2014).

#### **I. Metodología para su identificación con sulfato de cobre**

- a- Decolorar con hipoclorito de sodio (5%) cortes transversales o longitudinales de un órgano vegetal.
- b- Lavar con agua destilada.
- c- Colocar los cortes histológicos en una caja de petri, agregar solución saturada de Sulfato de Cobre y dejar reposar unos minutos.

- d- Flamear la caja de Petri.
- e- Colocar sobre un portaobjetos, una gota de agua destilada y cubrir con un cubre objeto.
- f- Observar al microscopio óptico.

## **II. Metodología para su identificación con Azul de Toluidina “O”**

- a- Decolorar con hipoclorito de sodio (5%) cortes transversales o longitudinales de un órgano vegetal.
- b- Lavar con agua destilada.
- c- Colocar los cortes histológicos en una caja de petri, agregar el reactivo colorimétrico Azul de Toliudina “O”, y dejar reposar unos minutos.
- d- Lavar con alcohol 100° y luego con agua destilada
- e- Montar los cortes en glicerina-agua destilada (medio de montaje).
- f- Colocar el cubreobjetos y sellar con esmalte de uñas transparente.
- g- Observar al microscopio óptico.

### **7.5. Sustancias lipofílicas (Imagen 2: B y C)**

Estas sustancias están constituidas por aceites, ceras y grasas. Los aceites y las grasas constituyen compuestos de reserva importantes en el vegetal, siendo frecuentes en frutos y semillas, por ejemplo, en *Glycine max* L. Merr. “soja”, *Gossypium hirsutum* L. “algodón”, *Arachis hypogaea* L. “maní”, *Olea europaea* L. “olivo”, *Helianthus annuus* L. “girasol”, entre otras especies. Las ceras son ésteres de cadena larga de ácidos grasos y monoalcoholes que abundan en los vegetales formando capas generalmente de protección en los tejidos expuestos (epidermis y súber) de diferentes órganos vegetales.

Para la identificación de sustancias lipofílicas se utilizan distintos reactivos colorimétricos:

- I. Sudan III o IV (0,5 g en 100 ml de alcohol etílico 80°); las sustancias lipofílicas adquiriendo una coloración rojiza, roja, o algo anaranjada.
- II. Oil Red “O” (5 g en 100 ml de AD); adquieren una coloración rojo intenso.
- III. Negro de Sudán B (0,5 g en 100 ml de alcohol etílico 80°); adquieren una coloración negra.

Estas coloraciones se revelan en la célula, en sus paredes y como gotas esferoidales en su citoplasma (Johansen, 1940; Ruzin, 1999; Zarlavsky, 2014).

### **Metodología para su identificación**

- a. Decolorar con hipoclorito de sodio (5%) cortes transversales o longitudinales de un órgano vegetal.
- b. Depositar los cortes histológicos, en una gota del reactivo colorimétrico y dejar actuar 15-20 minutos.
- c. Lavar los cortes histológicos con alcohol 70°, durante unos segundos.
- d. Colocar sobre un portaobjetos los cortes histológicos en glicerina-agua destilada (medio de montaje).

- e. Colocar un cubre objeto y sellar con esmalte de uñas transparente.
- f. Observar al microscopio óptico.

#### **7.6. Mucílagos (Imagen 2: E y F)**

Los mucílagos son sustancias hidrocarbonadas de consistencia gelatinosa presentes en distintos órganos vegetales, por ejemplo, en semillas de *Salvia hispanica* L. “chía” (Lamiaceae). Al aplicar Azul brillante de Cresilo (1%) sobre cortes frescos, estas sustancias adquieren una coloración azul Francia (Cosa et al., 2014).

#### **Metodología para su identificación**

- a- Decolorar con hipoclorito de sodio (1%) cortes transversales o longitudinales del órgano vegetal.
- b- Lavar con agua destilada.
- c- Absorber el exceso de agua destilada con papel de filtro o secante.
- d- Colocar sobre un portaobjeto, una gota de Azul brillante de cresilo (1%).
- e- Depositar los cortes histológicos y dejar actuar 2-3 minutos.
- f- Lavar con agua destilada.
- g- Depositar los cortes histológicos en un portaobjetos con glicerina-agua destilada (medio de montaje), colocar cubreobjeto y sellar con esmalte de uña transparente.
- h- Observar al microscopio óptico.

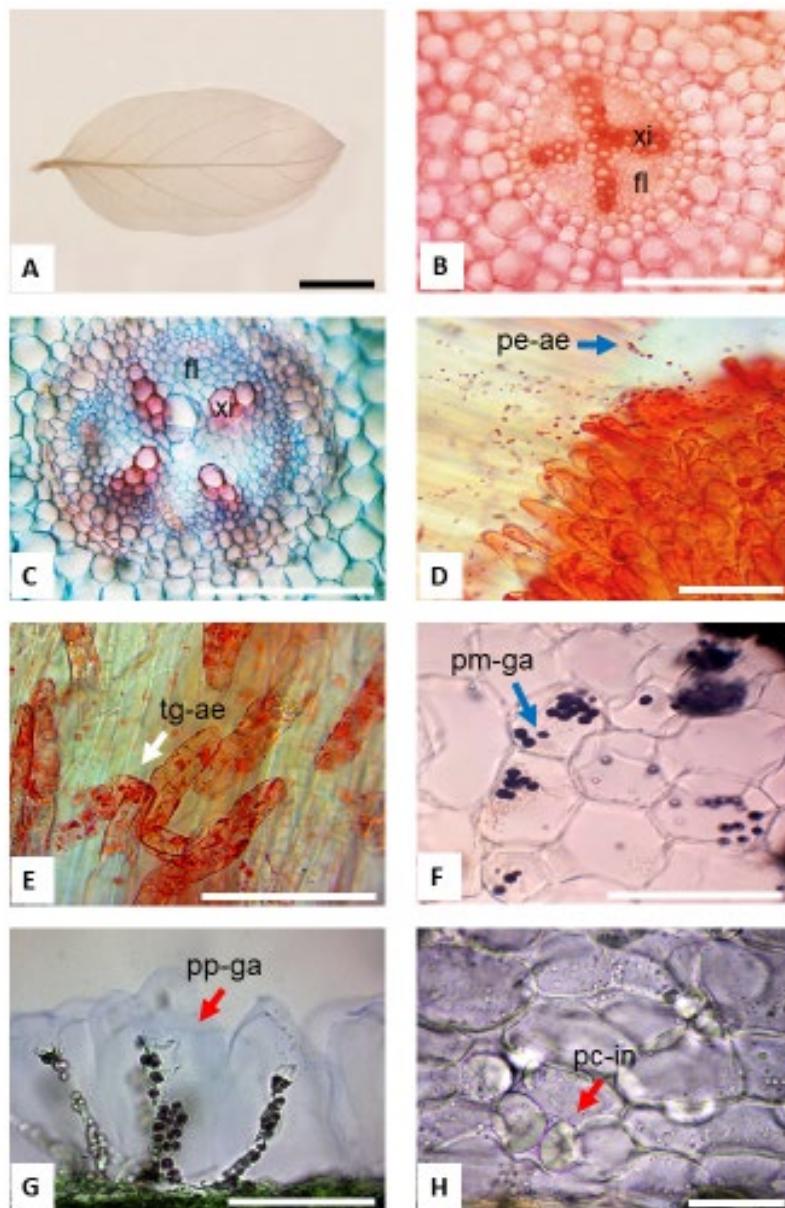
#### **7.7. Taninos (Imagen 2: G y H)**

Los taninos son compuestos heterogéneos derivados del fenol, de sabor astringente, que protegen a la planta de la deshidratación, de la putrefacción y del ataque de plagas. Es importante destacar que su presencia suele responder a factores de estrés biótico y abiótico. Este compuesto está presente en todos los órganos vegetales. Uno de los reactivos más eficiente para su detección es el Cloruro Férrico (10%) D'Ambrogio, 1986; Zarlavsky, 2014), teñiéndose de color azul verdoso. Al microscopio óptico suelen presentarse como corpúsculos de tamaño y forma variada, de color amarillo o castaño-rojizo. En las células, se encuentran en la vacuola por ejemplo en frutos de *Vaccinium corymbosum* L. “arandano” (Ericaceae), en hojas de *Camellia sinensis* (L.) Kuntze “té (Theaceae) y en *Ceiba speciosa* (A. ST-Hil) Ravenna “palo borracho” (Bombacaceae). En las tiliides del leño son abundantes dando maderas de color oscuro. Los taninos se encuentran como taninos hidrolizables y taninos condensados. La reacción de coloración con sales férricas es entonces variable entre verde, verde-azulado y azul negruzco.

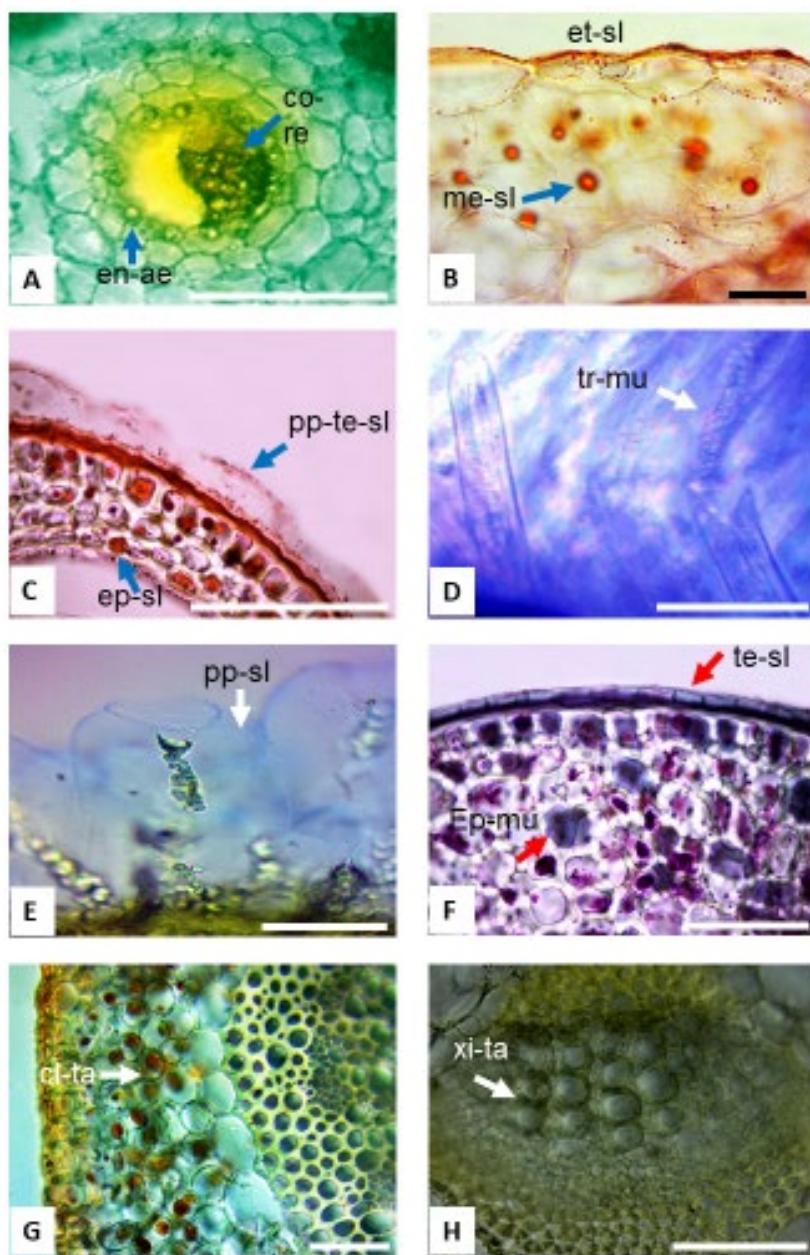
#### **Metodología para su identificación**

- a. Decolorar con hipoclorito de sodio (5%) cortes transversales o longitudinale del órgano vegetal.
- b. Lavar con agua destilada.
- c. Colocar sobre un portaobjeto, una gota de cloruro férrico (10%) y unas gotas de carbonato de sodio (2%).
- d. Depositar los cortes histológicos y dejar actuar 2-3 minutos.
- e. Lavar con agua destilada.

- f. Depositar los cortes histológicos en un portaobjetos con glicerina-agua destilada (medio de montaje), colocar cubreobjeto y sellar con esmalte de uñas transparente.
- g. Observar al microscopio óptico.



**Imagen 1.** A, hoja diafanizada de *Celtis ehrenbergiana* Gillies ex Planch. "tala" (Celtidiaceae); B, corte transversal de raíz tetrarca de *Capsicum annuum* L "pimiento" (Solanaceae) donde se observa xilema (xi) de color rojo intenso; C, corte transversal de raíz tetrarca de *Phaseolus vulgaris* L. "poroto" (Fabaceae) donde se observa xilema (xi) de color rojo y floema (fl) de color azul claro; D, gotas de aceites esenciales (ae) en las papillas estigmáticas (pe) de *Baccharis notosergila* Griseb. "carquejilla" (Asteraceae); E, gotas de aceites esenciales (ae) en tricomas glandulares (tg) presentes en las corolas de *Baccharis notosergila*; F, corte transversal del tallo de *Phaseolus vulgaris* mostrando granos de almidón (ga) en el tejido parenquimático medular (pm); G, corte transversal de la semilla de *Plantago lanceolata* L. "llantén" (Plantaginaceae), donde se observan granos de almidón (ga) en la pared periclinal (pp) de las células del tegumento (te); H, corte transversal de la raíz de *Baccharis notosergila* donde se observa inulina (in) en las células del parénquima cortical (pc). Escalas: A = 1 cm, B – H = 100 µm. Imágenes: Dr. Marcelo P. Hernández.



**Imagen 2.** Corte transversal del rizoma de *Pascalia glauca* Ortega "sunchillo" (Asteraceae), mostrando un conducto con resinas (re) y un endotelio secretor (en) de aceites esenciales (ae); B, corte transversal de hoja de *Plantago lanceolata* mostrando mesófilo (me) con gotas de sustancias lipofílicas (sl); C, corte transversal de semilla de *Plantago lanceolata* mostrando gotas de sustancias lipofílicas (sl) en células del tegumento (te) y en el endosperma (ep); D, vista superficial del aquenio de *Senecio punae* Cabrera (Asteraceae) donde se observan tricomas gemelos (tr) que emiten mucilagos (mu); E, corte transversal de semilla de *Plantago lanceolata* donde se observa mucilago (mu) en la pared pericinal (pp) de las células del tegumento (te); F, corte transversal de semilla de *Plantago lanceolata* mostrando mucilagos (mu) en las células del tegumento (te) y en el endosperma (ep); G, corte transversal del escapo floral de *Plantago lanceolata* mostrando taninos (ta) en las células del clorénquima (cl); H, corte transversal de hoja de *Plantago lanceolata* mostrando taninos (ta) en el tejido xilemático (xi) del haz vascular de la vena media. Escala: 100 µm. Imágenes: Dr. Marcelo P. Hernández.

## Referencias

- Appezzato – da – Gloria, B. & Carmello – Guerreiro. S.M. (2006).** Anatomia Vegetal. 2da edición revista e actualizada. Editora UFV. Universidade de Vicoso (Brasil). 438p. Disponible on-line: ACFrOgAvEbdIYttoQGOQjoVUejoUbD9KVT0JLSnQunlhDEIZKFItMASK6hyE6TvEo-ofCNWh8OAK1eF-sWdBP\_btUvxLloQgwg8GwXuINzU-GPAZMQ2ifpQtS1iD0Umex5PPpw\_08CPWcbnllwz.pdf
- Arambarri, A.M. (2018).** La técnica de clarificación 5-5-5”, un método natural para el tratamiento de material vegetal. Bol. Soc. Argent. Bot. 53 (4): 579-586.
- Azcón-Bieto, J. & Talón, M. (2008).** Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid: McGrawHill/Interamericana. Disponible on-line: [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/plugin-file.php/76756/mod\\_resource/content/1/Fundamentos%20de%20Fisiologia%20Vegetal-Azc%C3%B3n%20Bieto%20ed%20%281%29.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/plugin-file.php/76756/mod_resource/content/1/Fundamentos%20de%20Fisiologia%20Vegetal-Azc%C3%B3n%20Bieto%20ed%20%281%29.pdf)
- Beattie, G. & Marcell, L. (2002).** Comparative dynamics of adherent and non adherent bacterial populations on maize leaves. Phytopathology 89:353-359
- Bracegirdle, B. & Miles, P.H. (1975).** Atlas de Estructura vegetal. Paraninfo, Madrid.
- Buchholz, A. & Schonherr, J. (2000).** Thermodynamic analysis of diffusion of non-electrolytes across plant cuticles in the presence and absence of the plasticiser tributyl phosphate. Planta 212:103-111.
- Carbone, A. (2015).** Caracterización morfo-anatómica de dos poblaciones de *Gomphrena perennis* L. y su posible relación con la sensibilidad al herbicida glifosato. Tesis Magister Scientiae. Fac. Cs. Agrarias y Ftales. UNLP. Disponible on-line: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/48707>
- Cosa, M.T., Dottori, N., Stiefkens, L., Hadid, M., Matesevach, M., Delbón, N., Wiemer P., Machado, S., Cabrera, V., Costa, C., Pérez, A. & Trenchi, A. (2014).** Aplicación de técnicas de histología vegetal a la resolución de diversos problemas. Laboratorio de Morfología Vegetal, Doctorado en Cs. Biol., Fac. Cs. Exactas Físicas y Naturales, UNC, Córdoba. 133 pp.
- Crang, R., Lyons-Sobaski, S. & Wise, R. (2019).** Plant Anatomy. A concept –based approach to the structure of seed plants. Springer Verlag. Pp 717. Disponible on-line: 2018\_Book\_PlantAnatomy.pdf
- D'Ambrogio, A. & de Argüeso, M. (1986).** Manual de técnicas en histología vegetal. Hemisferio Sur, BA. 86 pp.
- Dizeo de Strittmatter, C. (1973).** Nueva técnica de diafanización. Bol. Soc. Arg. Bot. 15:126-129.
- Evert, R.F. (2008).** Esau. Anatomía Vegetal. 3ra edición. Traducción J. Fortes, Ed. Omega, Barcelona. 640 págs.
- Fahn, A. (1985).** Anatomía Vegetal. Ed. Pirámide, Madrid.
- Font Quer, P. (1965).** Diccionario de Botánica. Ed. Labor, España.
- Hernández, M.P. & Katinas, L. (2019).** Technique for the identification of osmophores in flowers of herbarium material (TIOFH). Protoplasma. <https://doi.org/10.1007/s00709-019-01398-8>.
- Jeffree, C. (1996).** Structure and ontogeny of plant cuticles. En: Plant Cuticles: An Integrated Functional Approach, pp. 33-82. G. Kerstiens, ed. BIOS Scientific Publishers, Oxford.

- Johansens, D.A. (1940).** Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Co., New York, USA. 523 pp.
- Lambers, H., Stuart Chapin, F. & Pons, T. (2008).** Plant Physiological Ecology. Second Edition Springer Verlag. 591p. Disponible on-line: 2008\_Book\_PlantPhysiologicalEcology.pdf
- Hartmann, H. & Kester, D. (1997).** Propagación de plantas. Principios y Prácticas. Compañía Ed. Continental, S.A de C.V. Méjico. Quinta Reimpresión. 761 p. Disponible on-line: [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/76744/mod\\_resource/content/1/Propagacion%20de%20plantas.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/76744/mod_resource/content/1/Propagacion%20de%20plantas.pdf)
- Jensen, W.A. & Salisbury, F.B. (1988).** Botánica. Mc-Graw-Hill, eds. 2º ed. (traducción) México.
- Metcalfe, C.R. & Chalk, L. (1950).** Anatomy of Dicotyledons. Vol. 1-2, Oxford Clarendon Press, Inglaterra.
- Nabors, M. (2006).** Introducción a la Botánica. Ed. Pearson Addison Wesley. 744 p. Disponible on-line: Botanica Murray.pdf
- Riederer, M. & Schreiber, L. (2001).** Protecting against water loss: Analysis of the barrier properties of plant cuticles. Journal Experimental Botany 52:2023-2032.
- Ruzin, S.E. (1999).** Plant microtechnique and microscopy. Oxford, New York: Oxford University Press. 322 pp.
- Salisbury, F. & Ross, C. (1994).** Fisiología vegetal. México D.F.: Ed. Iberoamérica
- Santier, S. & Chamel, A. (1998).** Reassessment of the role of cuticular waxes in the transfer of organic molecules cuticles. Plant Physiology Biochemistry 36:309-320
- Sitios web de la cátedra de Morfología Vegetal, Fac. Cs. Agrarias y Ftales. UNLP.** Disponible on-line: <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/course/view.php?id=557>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2006).** Fisiología Vegetal (Volumen I). Castelló de la Plana, Publicacions de la Universitat Jaume I.D.L. 320 p. Disponible on-line: <https://fisiologiavegetalundec.files.wordpress.com/2018/04/fv-taiz-zeiger-vol-i.pdf>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2006).** Fisiología Vegetal (Volumen II). Castelló de la Plana, Publicacions de la Universitat Jaume I.D.L. 656 p. Disponible on-line: <https://drive.google.com/file/d/14Lo8VJAKwCBv0ijFa5nPB9nwIMqeT4Ng/view>
- Tapia-Torres, N.A., de la Paz-Pérez-Olvera, C., Román Guerrero, A., Quintanarsaías, A., García-Márquez, E. & Cruz-Sosa, F. (2014).** Histoquímica, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de hoja y de madera de *Litsea Kunth* (Lauraceae). Madera y Bosques 20(3): 125-137. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61732732011>
- Vogel, S. (1990).** The role of scent glands in pollination. First edn. Smithsonian Institution, Washington DC
- Wanamarta, G. & Penner, D. (1989).** Foliar absorption of herbicides. Weed Sci. 4: 215-231.
- Zarlavsky, G.E. (2014).** Histología vegetal: técnicas simples y complejas, 1ra ed. Buenos Aires, Sociedad Argentina de Botánica. Córdoba. 198 pp.

## CAPÍTULO 6

# Labranza cero en la producción de hortalizas pesadas

*Juan Pablo D'Amico, Patricio Varela*

Los sistemas productivos hortícolas se caracterizan por una alta frecuencia e intensidad de laboreo. Estas labores son realizadas para cumplir con fines muy diversos como la preparación del suelo, el control de malezas, la incorporación de enmiendas y abonos, y la sistematización del riego. Otros aspectos destacados son la aplicación de riego gravitacional y tendencia al monocultivo.

La agricultura de conservación dedicada a la producción de hortalizas cuenta dispar desarrollo en otros países. Morse (1999) publicó un trabajo titulado “*No-till vegetable production—its time is now*”. El autor menciona el reconocimiento global que tienen las prácticas de labranza cero como estrategia conservacionista y sostiene que su adopción será posible en la medida que se desarrolle la maquinaria adecuada, se avance en la gestión de la cobertura y el manejo integrado de malezas.

El gran desarrollo logrado en la siembra directa (SD) no se ha reflejado en la producción de hortalizas pesadas, aún cuando cuentan con un nivel de intensificación intermedio y un cierto grado de similitud con la producción extensiva de granos. Dado que en la horticultura la acepción de SD se aplica para definir la siembra en el lote definitivo (sin trasplante), el término labranza cero parece el más apropiado.

En el contexto agroecológico de las regiones mayoritariamente extra pampeanas, con ambientes sumamente frágiles, sensibles a la erosión y con un alto nivel de degradación, resulta imperativo desarrollar tecnologías conservacionistas. El aumento de la producción, la reducción del impacto ambiental y un mejor resultado económico de la actividad darán la sustentabilidad al sistema.

### Principales beneficios de la labranza cero en el contexto de la horticultura

El Carbono (C) es un elemento vital del suelo agrícola. El contenido de C total es un indicador de su potencialidad productiva y de la sustentabilidad del manejo que se realiza. Está suficiente-

mente documentado que el aumento de la intensidad y frecuencia del laboreo incrementa la emisión de CO<sub>2</sub>. Este proceso de degradación genera un doble impacto negativo, se pierde C del suelo y aumenta la concentración atmosférica de gases con efecto invernadero.

Con un manejo adecuado, la labranza cero y la cobertura vegetal mejoran sustancialmente la economía del agua, aumentan la infiltración, y la capacidad de retención hídrica. Durante gran parte del ciclo, los cultivos como la cebolla y el ajo no logran una adecuada cobertura por el lento desarrollo inicial y su arquitectura foliar. En zapallos, el gran espaciamiento entre líneas de siembra que alcanza hasta 4m en algunas variedades, también genera una amplia ventana de exposición para el suelo en los estados iniciales. En el contexto de la fragilidad ambiental estos beneficios son cruciales. La dotación de agua para riego es crítica y resulta el factor más limitante para el aumento de la superficie cultivada y el desarrollo territorial. La disponibilidad de agua en los valles irrigados más importantes viene menguando en los últimos ciclos de riego, al tiempo que se registra un incremento en su contenido salino. Los sistemas con alta intensidad de laboreo demandan más cantidad de agua, ello repercute directamente en el incremento de la conductividad eléctrica del suelo y en la reducción de la superficie regada. Por otra parte, las altas dotaciones de agua requerida hacen inviable (energética y económicamente) la adopción de tecnologías de riego presurizado.

La cobertura vegetal reduce la susceptibilidad a la erosión y amplitud térmica del suelo, al actuar como barrera física frente al viento, la lluvia y la radiación solar. Las pérdidas de suelo y nutrientes como consecuencia de la erosión es un grave problema en la prácticamente todas las regiones hortícolas del país. La ocurrencia de fuertes vientos coincide con la época de siembra de cebolla, lo que genera importantes voladuras de la cama de siembra refinada. Para paliar esta situación, los productores realizan riegos pre-siembra con el sólo objetivo de contener el suelo, lo que insume un gasto adicional de agua. En otros casos, es necesaria la resiembra, a consecuencia de la voladura de la semilla, o el daño ocasionado a las plántulas. Las altas temperaturas que se dan a nivel de la superficie del suelo en la etapa de bulbificación de la cebolla generan a menudo condiciones de estrés que pueden detener el crecimiento de la planta, y predisponen la proliferación de Raíz rosada, una enfermedad endémica producida por hongos de suelo que produce la destrucción de las raíces.

La labranza cero permite reducir sustancialmente el consumo de combustible y la potencia requerida en las labores, aumentando también la eficiencia en el uso de la mano de obra. En los sistemas convencionales se realizan alrededor de seis labores para la preparación de la cama de siembra. En ajo y zapallo se realizan, además, algunas labores culturales de aporcado y surcado. De acuerdo a las determinaciones realizadas, los cultivos pueden llevarse a cabo en la branza cero con sustanciales ahorros de combustible, incluso superiores a los registrados en siembra directa de granos respecto de labranza convencional. Sobre este punto cabe aclarar que generalmente se cuantifica al gasoil como un mero costo, cuando en realidad es un indicador global del uso de diversos insumos adicionales, como lubricantes, repuestos, servicio de mantenimiento, entre otros. Se ha podido determinar que el ahorro de combustible generado con la labranza cero en el cultivo de zapallo, es lo suficientemente importante como para compensar

largamente el consumo de un sistema de riego presurizado. Por otra parte, al prescindir de las labores de mayor demanda tractiva, se reduce sustancialmente la potencia requerida de los tractores. Ello cobra relevancia en el contexto de una agricultura esencialmente de escala familiar.

## Bases de la labranza cero en la producción de hortalizas pesadas

La Labranza Cero es el cultivo (iniciado por siembra, plantación o trasplante) sobre un suelo cubierto de material vegetal y sin laboreo. Pero no se trata de un simple ahorro de labores previas a la siembra. La Labranza Cero es un proceso que requiere mayor conocimiento, planificación y criterio.

Con las particularidades del caso, las bases conceptuales de la labranza cero para la producción de hortalizas resultan comunes que para la SD de la agricultura extensiva. Ellas son: a) adecuada rotación de cultivos con la inclusión de cultivos de cobertura (CC), b) mantenimiento de la cobertura vegetal, c) no disturbación del suelo más allá de lo estrictamente necesario, d) reposición de nutrientes e) adecuado control de malezas.

La Labranza Cero es una tecnología de aplicación continua sobre un determinado lote. No se deja de aplicar cuando se termina el ciclo de un cultivo particular. En base a esto, el inicio de la Labranza Cero debe estar centrado inicialmente en el manejo del suelo. La decisión de incorporar lotes bajo esta tecnología debe hacerse con suficiente anticipación a la siembra.

Para lotes que se manejan anteriormente bajo sistemas convencionales es importante contar con un suelo que no tenga impedimentos físicos en profundidad, como el piso de arado. Se debe realizar la nivelación del micro relieve para emparejar la superficie que pudiera estar desnivelada por huellas profundas, surcos de riego, bordos, etc.

Es recomendable iniciar la Labranza Cero con cultivos de grano, para luego dar continuidad a la rotación con las hortalizas. Con esto se logrará realizar un mejor control de malezas y acumular cobertura con los residuos de cosecha. Otra alternativa es la siembra de cultivos de cobertura, que deberán ser secados con anticipación a la siembra o plantación. En todos los casos es importante considerar la relación entre el beneficio de la cobertura respecto del consumo de agua y del nivel de cobertura remanente al momento de la siembra de la hortaliza.

De las experiencias que se llevan adelante en el INTA H. Ascasubi surgen algunos criterios a tener en cuenta a la hora de iniciar un cultivo hortícola en particular.

### Ajo

Las experiencias con ajo colorado con riego por goteo resultaron exitosas. Las evaluaciones se realizaron en diferentes ciclos sobre rastrojo de girasol, sembrado en labranza cero, cultivo de servicio avena, rastrojo de trigo y rastrojo de Intercultivo zapallo/cebada.

Al momento de la plantación es importante contar con abundante cobertura uniformemente distribuida en toda la superficie. La plantación se puede realizar en forma manual,

sobre las líneas trazadas previamente con un implemento de corte vertical y cuchilla de corte primario tipo turbo (Imagen 1).



**Imagen 1.** Implemento abre-surco para la plantación de ajo (Izq.) Línea de siembra sembrada a mano que luego se cubre con la pasada de rolo (Fuente: Imágenes Propias).

Una vez implantado el cultivo se realiza el manejo habitual para el control de malezas y enfermedades. La presencia de cobertura en superficie retrasa la aparición inicial de malezas y reduce la cantidad de controles necesarios (Imagen 2).



**Imagen 2.** Cultivo de ajo en Labranza Cero plantado a “dos caras” con riego por goteo superficial (Izq.) y subterráneo (Der) (Fuente: Imágenes Propias).

La combinación de Labranza Cero y fertirriego por goteo permitió alcanzar rendimientos de entre 8.900 y 9.900 kg/ha de ajo colorado cortado comercial que resultaron similares a

los alcanzados en condiciones de labranza con la misma condición de riego. En todo el ciclo productivo se realizaron entre 6 y 9 labores (pulverizaciones, siembra y cosecha).

En la medida de lo posible debe evitarse la disposición de las pilas de mercadería cosechada dentro del lote, o lograr que no queden en ubicaciones muy dispersas a fin de liberar la superficie lo antes posible para la continuidad de las labores.

Inmediatamente después de la cosecha se debe emparejar el lote siendo esta una ventana de oportunidad para realizar labores correctivas que permitan continuar la rotación sin labranza.

### Cebolla

Las experiencias en cebolla de día largo indican que al momento de la siembra la cobertura debe estar uniformemente distribuida pero no puede ser muy abundante. La abundancia de cobertura compromete el establecimiento del cultivo con gran pérdida de plantas en esta etapa. Los cultivos antecesores más apropiados son cereales de invierno (trigo, centeno, avena y otros), zapallo o cultivos de cobertura cortados a la altura 10-15 cm.

La siembra puede realizarse con sembradora especialmente adaptada o en su defecto con sembradoras de granos finos para siembra directa (Imagen 3). Es importante que el tren de siembra cuente con rueda limitadora de profundidad lateral y que realiza una intensa remoción de la línea de siembra a fin de despejarla de restos vegetales que puedan obstruir la emergencia de la plántula. Se debe realizar luego de la siembra la aplicación de herbicida pre-emergente.



**Imagen 3.** Sembradora de cebolla para labranza cero (Izq) Sembradora de SD de granos finos (Der)  
(Fuente: Imágenes Propias).

Se cuenta con experiencias en riego por manto, aspersión y goteo. Todos los sistemas de riego se adaptan a la tecnología de labranza cero en cebolla (Imagen 4).

Una vez implantado el cultivo se realiza el manejo habitual para el control de malezas y enfermedades. La presencia de cobertura en superficie retrasa la aparición inicial de malezas.



**Imagen 4.** Cultivo de cebolla en Labranza Cero sobre cultivo de cobertura y riego por manto  
(Fuente: Imágenes Propias).

En la medida de lo posible debe evitarse la disposición de las pilas dentro del lote (Imagen 5), o lograr que no queden en ubicaciones muy dispersas. Al momento del procesamiento a campo pos cosecha debe evitarse la disposición de residuos (hojas, raíces y bulbos descarte) en el lote, siendo muy recomendable el almacenado en bolsones tipo “big-bags”.



**Imagen 5.** Cosecha de cebolla en bolsones “big-bag” que se retiran del lote inmediatamente  
(Fuente: Imágenes Propias).

Inmediatamente después de la cosecha de debe emparejar el lote evitando labores profundas. Luego, de la aparición de las malezas, aplicar herbicida y sembrar un cultivo de cobertura.

En este cultivo es particularmente difícil lograr niveles de eficiencia de implantación equivalentes al sistema convencional con labranza. Las condiciones invernales de la época de siembra y la baja habilidad del cultivo para emerger entre la cobertura resultan aspectos críticos para el logro del stand de plantas. En todo el ciclo productivo se realizaron entre 6 y 9 labores (pulverizaciones, siembra y cosecha).

## Zapallo

Al momento de la siembra es importante llegar con abundante cobertura vegetal seca uniformemente distribuida en toda la superficie. Dentro de lo posible, se debe aumentar el distanciamiento entre líneas de siembra para facilitar el control de malezas en la entrelinea.

La siembra se puede realizar con una sembradora de granos gruesos con tren de siembra equipado para labranza cero. Es importante monitorear la temperatura de suelo en siembras tempranas. Las menores temperaturas por efecto de la cobertura y la humedad pueden comprometer tasa de emergencia del cultivo. Esta condición puede revertirse en gran medida con una mayor intensidad de remoción la línea de siembra.

En la actualidad existen en el mercado sembradoras específicamente desarrolladas para el cultivo que cuentan con la posibilidad de realizar fertilización en la línea y la colocación de la cinta de riego en una única labor (Imagen 7)



**Imagen 7.** Sembradora de siembra directa de zapallo con equipo de fertilización y riego por goteo incorporado (Fuente: Imágenes Propias).

La estrategia del control de malezas se basa en cuatro elementos: Adecuado barbecho químico sobre el rastrojo del cultivo antecesor, abundante cobertura vegetal, riego y fertirriego por goteo localizado sobre la línea de cultivo, pulverización con herbicidas no selectivos empleando pantallas protectoras (Imagen 8).



**Imagen 8.** Aplicación de glifosato con picos anti-deriva y pantallas protectoras sobre las líneas del cultivo  
(Fuente: Imágenes Propias).

En la medida de lo posible debe evitarse la disposición de las pilas dentro del lote utilizando envases que permita extraer la mercadería (Imagen 9). De lo contrario, debe usarse paja de fardo o rollo, evitando rastrillar la chala del cultivo que va a ser utilizada como cobertura para el cultivo siguiente Evitar la formación de huellas y el tránsito de camiones o carros pesados dentro del lote.



**Imagen 9.** Pilas de zapallo sobre cama de paja previo a su tapado con el mismo material (Izq). Cosecha de zapallo en bolsones “big-bag” que se retiran del lote inmediatamente (Der). (Fuente: Imágenes Propias).

Los espaciamientos entre líneas de zapallo pueden variar entre 2 m hasta 4,5m en función de la especie y el manejo, lo que genera una gran ventana de exposición para el desarrollo de malezas hasta que el cultivo logra cubrir toda la superficie. Esta condición demanda el control interfilar con el uso de pantallas como se mencionó anteriormente o el aprovechamiento de esa superficie para realizar Intercultivo de relevo con especies de ciclo invernal.

Diversas experiencias demostraron que el Intercultivo con cereales de invierno permite prescindir del control de malezas entre líneas por la competencia generada por el cereal que se cosecha en el 60% de la superficie sin afectar la potencialidad productiva del zapallo (Imagen 10).



**Imagen 10.** Imagen intercultivo trigo-zapallo previa a la cosecha del cereal (Izq) y en etapa de crecimiento del zapallo hasta cubrir toda la superficie.

A la luz de los resultados alcanzados por investigadores de diferentes países y las experiencias de productores que empiezan a adoptar la tecnología resulta evidente que la labranza cero es una tecnología agronómicamente viable para la producción de hortalizas. Resta un gran camino en el ajuste de los procesos productivos para las particularidades de cada región, y el desarrollo de tecnología que permita mecanizar ciertas labores a la escala de horticultura argentina.

La difusión de este tipo de prácticas conservacionistas contribuirá a reducir el impacto ambiental de la actividad y a mejorar la renta de los productores a la vez que posibilita la diferenciación de productos por sistema de producción. Hay un interés ya consolidado de los mercados centrales del mundo en productos más amigables con el medio ambiente y normativa que permite certificar este origen conservacionista.

## Referencias

- D'Amico, J.P; Varela, P. (2017).** Zero tillage and drip fertigation in the production of red garlic: Comparative analysis of its performance and main components. 7º Congreso Mundial de agricultura de Conservacion. Confederación de Asociaciones Americanas para la Agricultura Sustentable. CCAPAS. 1 al 4 de agosto de 2017. Rosario Santa Fé. Argentina.
- D'Amico, J.P; Varela, P; Bellacomo, M.C. (2017).** Intercropping pumpkin-wheat under zero tillage and drip fertigation: An evaluation of the productive performance. 7º Congreso Mundial de agricultura de Conservacion. Confederación de Asociaciones Americanas para la Agricultura Sustentable. CCAPAS. 1 al 4 de agosto de 2017. Rosario Santa Fé. Argentina.
- D'Amico, J.P; Varela, P; Caracotche, M.V; Bellacomo, M.C. (2017).** Avances en el desarrollo de tecnologías conservacionistas para la producción de hortalizas pesadas. XXV Congreso de la Asociación de productores en Siembra Directa. AAPRESID. 1 al 4 de agosto de 2017. Rosario Santa Fé. Argentina.
- D'Amico, J.; Varela, P.; Bellacomo, M.C. (2016).** Labranza cero y fertiriego en la producción de zapallo anquito: análisis de la eficiencia en el uso de los principales recursos. 2016. 39 Congreso Argentino de Horticultura. Septiembre. Esperanza. Santa Fe, Argentina.

- D`Amico, J.; Caracotche, M.; Varela, P. (2016).** Labranza cero en la producción de hortalizas pesadas bajo riego. XXIV Congreso AAPRESID. Agosto 2016. Rosario Santa Fé. Argentina.
- Madeira, N., Lima, C., Melo, R. (2015).** Cultivo de hortalizas en sistemas de plantío directo (SPDH) para agricultura convencional y orgánica: Estrategia para el control de arvenses y mejoramiento de propiedad físico –químicas del suelo. Conference: Seminario Internacional de cultivo hortícolas de altas temperaturas para el Caribe Colombiano, At Cereté – Colombia.
- Manosalva, J; Roba, M; D`Amico, JP; Varela, P. (2019).** Comparación de tres sistemas productivos de zapallo a través del análisis de ciclo de vida en el Valle del Río Colorado. 2019VIII Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y VII Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV 2019, Mendoza, 4 al 6 de noviembre de 2019.

## CAPITULO 7

# Sistemas hidropónicos y sustratos en el Cinturón Hortícola Platense: Historia y actualidad

*Walter Chale*

## Historia de los sistemas hidropónicos y sustratos

La hidroponía es una técnica ancestral que la utilizaron civilizaciones como medio de subsistencia; países como China, India, Egipto y algunos de América lo utilizaban comercialmente, ya que facilita el desarrollo de cultivos y ayuda a la alimentación en países desarrollados que tienen limitaciones serias de suelo y agua.

La historia de la hidroponía se remonta a 3000 a. C. para los Jardines Suspensos de Babilonia, que son una de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo. Los agricultores cultivaban plantas en tazones de barro llenos de piedras y agua y las colgaban en cestos. El agua del río Éufrates fue canalizada y movida hacia arriba a través de una serie de ruedas de agua y luego fue enviada a los campos alrededor del palacio (Groho, s.f.).

Los egipcios usaban el mismo tipo de sistema de distribución de agua para regar sus vastos jardines. Trabajando con planicies de inundación fértiles, fueron capaces de canalizar el agua a varios campos en varios momentos. También contaron con las aguas anuales de las inundaciones para traer no sólo agua, sino también nutrientes, para los cultivos (Groho, s.f.).

Otra pieza a tener en cuenta para reconstruir la historia de la hidroponía son seguramente los testimonios de Marco Polo, quien describe los «jardines flotantes» utilizados por los chinos para cultivar plantas en la superficie del agua, una técnica muy similar a la que sería empleada por los aztecas un par de siglos después en el lago Tenochtitlan con sus «chinampas» (Bounanno Seves, 2018).

Alrededor de 1100 d.C., la aquaponía llegó a la población azteca de la misma forma que la hidroponía llegó a los Jardines Suspensos de Babilonia. En Babilonia, transfirieron el agua a las plantaciones, mientras los aztecas movían las plantaciones al agua.

Como no podían cultivar en un pantano, los aztecas tuvieron que descubrir cómo usar el bosque para beneficio. Ellos ataron grandes troncos y otros materiales para formar grandes balsas flotantes. Las balsas fueron entonces cubiertas con suelo dragado del fondo del pantano y plantaciones fueron plantadas sobre esas balsas flotantes.

Los peces y otras formas de vida acuática prosperaron dentro y bajo estas enormes balsas flotantes, proporcionando no sólo agua rica en nutrientes para las plantas, sino también alimento para la creciente población.

Los chinos vienen practicando un tipo diferente de jardinería hidropónica hace miles de años con sus arrozales en terrazas. De vuelta al día, inundaron sus campos diariamente y usaron el suelo mezclado con grava como la base de raíz para los brotes de arroz para agarrar, un sistema aún en vigor hoy en la mayor parte de Asia. El explorador Marco Polo escribió extensivamente sobre los conceptos de ingeniería de los chinos y quedó completamente sorprendido que esas "huertas de agua" pudieran producir arroz suficiente para algunos de los mayores ejércitos de China.

Y así es como, en 1600, el enfoque se vuelve más científico y experimental, tratando de entender cómo podría funcionar la nutrición de las plantas. Fue el belga Jan Van Helmont, quien demostró científicamente cómo el agua era fundamental para la supervivencia de la planta, y que a partir de ella la planta obtenía la mayoría de las sustancias que necesitaba, y por ello es justo que no nos olvidemos de él.

En los siguientes tres siglos se establecieron muchas teorías sobre suposiciones científicas detrás del metabolismo relativamente complejo de las plantas, se descubrió que, en mayor o menor medida, necesitaban agua, luz y aire para sobrevivir, sobre todo gracias a los macro y micro nutrientes presentes en el suelo.

A principios del siglo XIX De Saussaure estableció la teoría de que las plantas están compuestas de elementos químicos que son tomados del agua, del aire y del suelo. Son considerados los padres de la hidroponía Sachs y Knop que a mediados del siglo XIX lograron cultivar plantas en un medio acuoso que contenía elementos minerales (Caldevila, 1993).

A principios de 1900 los estudios se intensificaron aún más, hasta que, durante la Segunda Guerra Mundial, los soldados estadounidenses destinados en las islas del Pacífico utilizarían, donde no era posible arar, solo la hidroponía. Tanto fue así que en la localidad de Chofu llegaron a las 22 hectáreas cultivadas de esta manera (Bounanno Seves, 2018).

Algunas de las primeras informaciones escritas sobre hidroponía fueron escritas por el inglés Francis Bacon en 1627, donde discutió los beneficios de cultivar plantas en agua y en un medio sin suelo, como guijarros y otros materiales. Él sugirió que las plantas sólo necesitan una base para que las raíces se agarren. El principal papel de las raíces es absorber agua y nutrientes - no "anclar" la planta en el suelo.

Avancemos siglos después, y la hidroponía encontró usos aún más prácticos. Durante la Segunda Guerra Mundial, algunas de las islas del Pacífico que fueron usadas como bases durante la guerra usaron sistemas de hidroponía menores para ayudar a alimentar a las tropas. Los sistemas fueron montados de una manera que usaba agua salada y coco como un medio sin suelo. Esta idea surgió a partir de estudios conducidos en Nueva Jersey a finales de la década de 1920.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la recién formada Fuerza Aérea de los Estados Unidos, anteriormente el Ejército Aéreo Corps, operaba en una isla estéril llamada Ascensión Island, ubicada en las aguas ecuatoriales del Atlántico Sur, como un punto de parada para reabastecer

aviones. Conseguir los suministros para una fuerza de trabajo tan grande no era una tarea fácil, y podría olvidar las verduras frescas. Para remediar esto, los habitantes de la isla comenzaron a cultivar vegetales hidropónicos usando rocas volcánicas y coco. La idea fue un enorme éxito y proporcionó a las personas grandes cantidades de alimentos recién cultivados durante años. (Groho, s.f)

Durante estos cuatro siglos, uno de los compromisos de la «comunidad científica» aún en pañales fue precisamente desarrollar una serie de técnicas culturales adecuadas no tanto para maximizar los resultados agrónomos, sino para investigar el funcionamiento de las plantas, la forma en que se alimentan (Bounanno Seves, 2018).

El interés, sin embargo, permaneció en gran parte latente hasta 1970, cuando se comenzó a trabajar con materiales plásticos: hasta entonces, de hecho, las camas en las que se cultivaban las plantas hidropónicas tenían que construirse con cemento, lo que hacía que las plantas fueran bastante caras. Con la introducción del plástico, se dejó de emplear el cemento, por lo que reavivó la atención sobre una técnica que todavía tenía que demostrar todo su potencial.

En la década del 70, en Japón y algunos países de Europa, se produce el despegue definitivo de la producción comercial de flores y hortalizas en cultivos sin suelo (Caldevila, 1993).

Y así es como llegamos al presente, donde el cultivo hidropónico se usa en todo el mundo, aunque no al ritmo que cabría esperar. Hasta ahora, sin embargo, ha sido más eficiente, para la mayoría de los cultivos y países, permanecer fieles a los sistemas tradicionales. De todos modos, esto está destinado a cambiar, ya que los espacios son más limitados, los recursos hay que utilizarlos con moderación, y es necesario tener una producción, en la medida de lo posible, razonable; por tanto, todos estos son factores que empujan hacia la dirección de un nuevo y a la vez viejo sistema más eficiente (Bounanno Seves, 2018)

## **Inicios del sistema de hidroponía en el cinturón hortícola, beneficios de estos sistemas**

En el año 1999 comenzaron los primeros trabajos en Cultivos Hidropónicos, en el JICA. Estas primeras experiencias se realizaron en cultivos de Lechuga, Achicoria y Rucula.

Se utilizaron sustratos como piedra pómez, perlita y cascara de arroz.

La visita del Ing. Agr. Shinya Nishi, de la firma Kubota de Japón (quien estuvo en el CETEFFHO Centro Tecnológico de Flori-Fruti-Horticultura) en el año 2000 ayudó al establecimiento de un cultivo de Tomate utilizando como sustrato lana de roca (rockwool). La idea original era armar un sistema de NFT, para lo cual se trajo un kit para el cultivo de frutilla.

Posteriormente si hizo un segundo ensayo en tomate para corroborar los resultados obtenidos en el primer ensayo. En noviembre de ese mismo año se realizó una presentación en invernáculos de cultivo de tomate, frutilla, apio, negi y pepino en perlita durante la exposición de CyTEC

del INTA Castelar y además se ensayaron alternativas a la lana de roca, utilizando perlita y cascara de arroz carbonizado (kuntam) y combinaciones de estos dos. Posteriormente se llevaron a cabo ensayos en NFT (Técnica de nutrición en película) utilizando cultivo de Lechuga

En la Estación Experimental INTA San Pedro se iniciaron producciones de hortalizas sin suelo a partir de 1993. Las mismas fueron las siguientes (Amma, 2002):

*Cultivo de Hortalizas en sustratos sistema abierto*

- Cultivo de Tomate en tres tipos de sustratos y dos tipos de contenedores. Arcilla expandida con dos tipos de granulometrías y perlita agrícola y ambos en sacos negros y blancos. La siembra se realizó en enero de 1994 y se cosecho entre abril y Janio de 1994.
- Evaluación de diferentes sustratos para la obtención de plantines de Tomate. Las combinaciones fueron:
  - turba + perlita agrícola + vermiculita
  - turba + perlita + arcilla expandida
  - turba + perlita agrícola
  - perlita agrícola + arcilla expandida
  - perlita agrícola
- Evaluación de diferentes sustratos para la producción de tomate sin suelo.
  - Perlita agrícola
  - Cascara de arroz
  - Perlita + cascara de arroz
  - Arcilla expandida
- Cultivares de Tomate en cultivo sin suelo
  - Líder BHN
  - Tommy Hazera
  - Bonanza TakkSd Co
  - Graziela Hazera
  - BHN 110
- Reutilización de sustratos en la producción sin suelo de Tomate
- Cultivo de pepino en sistema sin suelo con diferentes sustratos
- Evaluación de cultivares de pepinos en sistemas sin suelo

A partir de 1995 se empezaron a realizar diferentes experiencias tendientes a ajustar la producción de Lechuga en Invernadero bajo el sistema de producción sin suelo.

- Producción en sistemas sin suelo en canteros de polietileno con diferentes sustratos (perlita y cascara de arroz).
- Reutilización de sustratos.

## Cultivo de hortalizas en sustrato sin requerimientos de energía eléctrica

En los sistemas de producción sin suelo se presentan dos aspectos a tener en cuenta, uno son los drenajes y el segundo es el problema cuando hay interrupción de la energía. Por lo tanto, se estableció un ensayo usando membranas absorbentes y diferentes sustratos sobre un cultivo de lechuga y posteriormente un cultivo de tomate.

### ***Sistema de cultivo en sustrato con recirculación de solución nutritiva. Sistema cerrado.***

Otra experiencia en La Plata fue:

- El trabajo de los técnicos Luis Balcaza (UEEA INTA Gran Buenos Aires) y Ricardo Andreau (FCAyF UNLP). Trataron la factibilidad de la adopción de sustratos orgánicos como medio de cultivo para la adopción de hortalizas bajo cubierta plástica en la región platense. Para el presente trabajo se había utilizado turba, hoja de pino, cascara de arroz, viruta de salicáceas y perlita. El cultivo utilizado fue Tomate.
- La producción de hortalizas bajo cobertura plástica en la región platense utilizando perlita como medio de cultivo. Trabajo llevado a delante por Luis Balcázar y Néstor Mezquiriz (técnico EEA Gorina Ministerio de Asuntos Agrarios Provincia de Buenos Aires)

## Beneficios de los sistemas hidropónicos

Los sustratos en los cultivos sin suelo permiten una mayor uniformidad, reducido volumen, aislamiento y condiciones físicas favorables permiten un control estricto dando a las raíces las condiciones óptimas para el desarrollo de sus funciones (Amma, 2002).

La raíz tiene a su disposición el agua y los elementos nutritivos en equilibrio lo que facilita la absorción y evita consumo de energía superfluos en vencer presiones osmóticas de soluciones con salinidad demasiados elevadas o antagonismos por desequilibrios iónicos (Amma, 2002).

Los cultivos sin suelo son sistemas más fiables para la planificación de la producción. Este es un aspecto importante desde el punto de vista comercial. También permite un uso más eficiente de los invernaderos dada la rapidez con que puede efectuarse los sucesivos cultivos. No es necesario labranzas ni desinfección de suelos.

En Argentina hay bajo cubierta 10.000 hectáreas de las cuales 10 hectáreas son de hidropónia bajo agua y 30 hectáreas en sustrato. Mientras que en Brasil hay 26.000 hectáreas de cultivos bajo cubierta y 6.000 son de hidroponía. “Esta diferencia es porque en Argentina no hay moneda, no hay créditos ni tampoco continuidad política”.

La inversión para armar un proyecto de estas cualidades varía entre 5 a 100 dólares por metro cuadrado. “Córdoba, Jujuy y Mendoza se dieron los primeros desarrollos hidropónicos, pero

ahora se expandió todos lados”, agregando que las hortalizas de hoja son las que más se producen bajo este sistema: lechuga, espinaca, rúcula, albahaca y luego hay incipientes trabajos en tomates y frutillas.

Otros proyectos llevados a cabo en el cinturón hortícola platense, alrededor del año 2000, fueron los desarrollados en la finca Frutos de la Estación en la localidad de Ángel Etcheverry y Campo Molina en la localidad de El Pato.

En el primer caso se desarrollaron diferentes cultivos como tomate, pimiento, lechuga, apio y acelga, en sustrato perlita como en piletas con raíz flotante. En el segundo caso se cultivó pimiento en perlita con recirculación y uso de agua de perforación, agua de lluvia y agua de drenaje.



**Imagen 4.** Ejemplos de sistemas de cultivo sin suelo en el CHP  
(Fuente: Imágenes propias).

Aquafloat, propietaria de la marca Vequa comenzó a tomar forma en 2015 cuando visitaron diferentes firmas en Holanda y Canadá. Luego, en 2016 decidieron avanzar con el emprendimiento cuando observaron en Chile instalaciones que se adecuaban más a la Argentina.

Así, con la ayuda de varios inversionistas (11 en total) pusieron en marcha la iniciativa en 2018 en la localidad bonaerense de General Rodríguez. En un principio se enfocaron en la producción de todos los tipos de lechuga y posteriormente agregaron al sistema productivo rúcula, espinaca, albahaca y kale.

El invernáculo tiene 15.000 metros cuadrados que alberga el sistema flotante en la cual las plantas flotan sobre bandejas de distinta calidad (telgopor y ahora incorporarán material distinto polifan). En la cubierta tienen distribuidos 20 piletas de 93 x 6 metros con bandejas de 1 x 0,60

metros que flotan en aproximadamente 20 cm de agua. Sobre esa superficie, que tiene nutrientes, los cultivos transcurren una menor cantidad de tiempo que a cielo abierto (Fuentes, 2021)



**Imagen 5.** Raíces de lechuga en un sistema flotante (Fuente: Imagen propia).

Otro caso es el de la empresa tucumana King Berry, que se especializa desde hace 15 años en la producción y exportación de arándanos frescos y congelados. Pero en el último tiempo fue incorporando otras producciones. Una de ellas es la de cultivos hidropónicos hace dos años para quitarle “volatilidad” al negocio de arándanos ya que es estacional. El sistema que utiliza la empresa es “Nutrient Film Technique” (NFT), un sistema de flujo laminar que va en caños y una bomba envía una cantidad controlada de solución nutritiva (agua con nutrientes) donde la hace circular por donde están las plantas.

Actualmente hay un gran emprendimiento ya en producción en Lima, provincia de Buenos Aires, la empresa ADBlick Agro inauguró un invernadero de 1,44 hectárea con 270 mil plantas de frutillas de tres variedades, con el objetivo de producir 300 toneladas por año. El proyecto demandó una inversión de 1,5 millón de dólares y se trata del invernadero hidropónico más grande de Argentina (Perfil, 2021).



**Imagen 7.** Sistemas de producción de frutillas en hidroponía. (Fuente: Matias Sack)

El invernadero cuenta con una estación meteorológica que permite no solo automatizar la apertura cenital que protege al invernadero de posibles tormentas o vientos fuertes, sino que también es una fuente de información para la toma de decisiones. Por otro lado, una computadora de riego brinda otro importante caudal de información como por ejemplo lo relativo al PH, la conductividad eléctrica y los consumos de nutrientes en cada uno de los riegos. Toda esta información se guarda y se encuentra disponible para analizar posteriormente o en tiempo real. De esta forma se puede mejorar día a día la gestión del cultivo, y la toma de decisiones en base a los resultados que se obtuvieron anteriormente en condiciones similares.

En los últimos años varios establecimientos recurrieron, como alternativa a la producción en suelo, el uso de diferentes sustratos como producción hidropónica.

### **El caso de la Plantinera y Quinta Olmo Verde**

Ubicada en el centro mismo del Cinturón Hortícola Platense inicio sus actividades en producción sin suelo hace 7 años. El cultivo principal es el Tomate con una superficie de 4 has. Inicialmente usaron como sustrato el mismo en el cual producían los plantines. Actualmente el medio de cultivo principal es en Fibra de Coco. Este sustrato está dentro de unos bolsones de aproximadamente 25 litros, los mismos son regados por goteros tipo estaca con solución necesaria para abastecer las demandas nutritivas de los cultivos. Además, están probando actualmente un tipo de envase de plástico también con el sustrato mezcla. Uno de los dueños, el señor Pablo Coltrinari comentó el gran beneficio de la producción sin suelo y destaco la gran mejora en la calidad de la fruta obtenida con rendimientos similares a la producción tradicional.



**Imagen 8.** Producción de la plantinera y quinta Olmo Verde (Fuente: Imagen propia).

### El caso de la Compañía Hidropónica

Empresa ubicada también en las cercanías de la ciudad de La Plata si inicio en la producción en sistema NFT, en una superficie de 400 m<sup>2</sup>, produciendo especialmente cultivos de hojas como Lechuga, Rúcula, Albahaca, Berro, Cilantro y Espinaca. Además de la producción propia la Empresa se encarga de asesorar a aquellos productores que quieren iniciarse en la producción hidropónica. (J. Gómez, comunicación personal, 2 de marzo de 2023)



**Imagen 9.** Producción de la empresa Compañía Hidropónica. (Fuente: Imagen Propia).

## Referencias

- Amma, A. T. (2002).** Cultivo sin suelo en la producción de hortalizas bajo cubierta. IdiaXXI. Revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario.
- Beltrano, J. & Giménez, D. O. (2015).** "CULTIVO EN HIDROPONÍA". Edulp. FCAyF.UNLP. ISBN 978-950-34-1258-9.
- Buonanno Seves, M. (2018, 27 de septiembre).** La increíble historia de la hidroponía: desde los babilonios hasta la segunda guerra mundial. In naturale, el gusto por conocer.

<https://www.innaturale.com/es/la-increible-historia-de-la-hidroponia-desde-los-babilonios-hasta-la-segunda-guerra-mundial/>

**Caldevila, E. (1993)** “Cultivo sin suelo: Hortalizas en clima Mediterráneo”. Compendio de Horticultura 3. Ediciones de Horticultura S. L. ISBN: 8487729104. España.

**Fuentes, E (2021, 24 de julio).** *Producir sin suelo: la hidroponia marca el horizonte de la horticultura*. Clarin Rural. [https://www.clarin.com/rural/producir-suelo-hidroponia-marca-horizonte-horticultura\\_0\\_Hh1guNvB8.html](https://www.clarin.com/rural/producir-suelo-hidroponia-marca-horizonte-horticultura_0_Hh1guNvB8.html)

**Groho** (s.f). La historia de la hidroponía. Recuperado el 10 de marzo de 2023 de: <https://www.groho.es/post/la-historia-de-la-hidroponia>

**INTA\_CETEFFHO.** “Introducción al cultivo hidropónico”. Marzo 2002.

**Cómo es el invernadero hidropónico más grande la Argentina, (01 de octubre de 2021).** Perfil. Recuperado de: <https://www.perfil.com/noticias/agro/como-es-el-invernadero-hidroponomico-mas-grande-la-argentina.phtml>.

## CAPÍTULO 8

# Experiencias de diversificación productiva en el noroeste de la provincia de Buenos Aires

*Riccetti Adriana, Villena Gonzalo, Jose pomes,  
María Agustina Masi, Carlos Zanek, Walter Chale,  
Susana Martinez*

## **Historia de la producción del alcaucil en las principales regiones del país**

El cultivo del alcaucil en nuestro país se remonta a las primeras décadas del siglo XX. Si bien no hay datos exactos de la fecha de introducción, si se sabe que durante el periodo que transcurrió entre la primera y segunda Guerra Mundial, fueron los inmigrantes, principalmente italianos, los que, en sus valijas, trajeron los primeros brotes o esquejes que sirvieron de puntapié inicial para el desarrollo del cultivo en la República Argentina. En esa época los principales países productores del mundo eran Italia, España y Francia. Coincidientemente la mayor inmigración a nuestro país provino de los dos primeros donde cada uno con sus técnicas de cultivo y sus diferentes tipos varietales, contribuyó al desarrollo del alcaucil, los españoles con sus Alcachofas y los italianos con sus Carciofos. En nuestro país adoptamos el nombre de Alcaucil derivado de ciertas regiones de la Madre Patria donde aún hoy se lo denomina Alcaucil o Alcacil.

A la llegada a nuestro país los inmigrantes, agricultores de profesión se fueron distribuyendo y afincando a lo largo y ancho de nuestro vasto territorio, buscando tierras y condiciones ambientales que repicaran, aunque sea en parte su tierra natal. Es así que un gran número de ellos encontraron en las proximidades de Buenos Aires tierra en abundancia y muy fértil que propicio que se asentaran en ellas. Además, fue importante la cercanía al mayor centro poblado del país para poder comercializar su mercadería.

En la región del cinturón hortícola de la ciudad de La Plata, el inmigrante, en su gran mayoría italiano encontró las condiciones anteriormente citadas, sumado al ambiente húmedo y la influencia del Rio de La Plata, que hacía más propicia aun la región para el desarrollo del cultivo. Si bien en Italia existen infinidad de tipos varietales, en su gran mayoría, son de color violáceo, es por eso que históricamente la mayor cantidad de alcaucil que se produjo y comercializó ha sido de tipo Violeta y tipo Romanesco, que son materiales genéticos de color violáceo o verde – violáceo y tienen mayor aptitud para consumo en fresco. Históricamente, por condiciones climáticas, de suelo, agua y ambiente, sumado al saber hacer de las distintas generaciones de productores,

la Ciudad de La Plata se posicionó como la capital nacional del Alcaucil de la República Argentina, tanto es así que, tras años de trabajo, el grupo de productores Alcachofas Platenses, logró el sello de Indicación Geográfica Protegida para los alcauciles de la región Platense. Fue el resultado de más de dos décadas de investigación y desarrollo con la introducción de nuevos materiales genéticos tanto violetas como blancos, el desarrollo de un paquete tecnológico superador para mejorar rendimientos y sobre todo calidad del producto y por último en el trabajo orientado a la difusión y promoción del alcaucil para estimular la demanda.

En otro centro de producción ocurrió algo muy similar. En los alrededores de la ciudad de Rosario, los italianos también cultivaron desde sus inicios estos tipos de materiales. Aunque con un clima un tanto más extremo debido a las altas temperaturas primaverales y otoñales, igualmente en las últimas décadas del siglo XX fue una zona importante de producción.

Para concluir con la región Este del país, en la localidad de Mar del Plata, también se cultivaron estos materiales, aunque en mucha menor superficie.

En el centro oeste del país, tal vez influidos por la inmigración española y también como consecuencia de la lejanía a los grandes centros de consumo los agricultores adoptaron materiales genéticos más adaptados al doble propósito y fundamentalmente al procesado. Es por eso que utilizando materiales llamados blancos, de color verde, principalmente derivados de la Blanca de Tudela, material emblema de la producción alcachofera española, se desarrolló toda la producción de la región Cuyana, principalmente en el sur de San Juan y el Norte de Mendoza. En la actualidad la mayor producción de alcaucil se concentra en la región de La Plata, con más del 70 % de la producción nacional destacándose no solo por superficie implantada sino también por productividad y calidad del producto.

La superficie del alcaucil en la República Argentina ronda en la actualidad las 1400 Has. El desarrollo del mismo podría ser incrementado considerablemente con una mayor difusión del mismo a los consumidores del interior del país (ya que se consume mayormente en los grandes centros poblados), como si también por el desarrollo de la industria a partir de materiales aptos para lograr un producto de calidad y por último enfocar en la exportación buscando nichos donde poder colocar el alcaucil tanto en fresco como procesado.

## **El caso de la producción sustentable del alcaucil en la ciudad de Junín Pcia de Bs As.**

### **Problemática ambiental: nuevos paradigmas de producción.**

Transcurrido el auge del paradigma de producción de la “revolución verde”, la actualidad refleja un cambio en la tendencia motivado por una mayor conciencia social sobre los impactos negativos que trajo aparejado este estilo de explotación altamente demandante de insumos.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la agricultura, en un contexto de deterioro ambiental progresivo, es el de cubrir la demanda creciente de alimentos provocada por el

incremento continuo de la población humana. Es de público conocimiento que las técnicas utilizadas para aumentar la producción extensiva han provocado efectos antropogénicos sobre los diversos agroecosistemas, los cuales se ponen en evidencia a través de la degradación de suelos, acuíferos, y la alteración de los ciclos biogeoquímicos (Cassán y García, 2008).

El uso de la fertilización de síntesis química en Argentina se ha incrementado en los últimos años (García y González Sanjuan, 2010) para asegurar la productividad y rendimientos de los cultivos, lo que ha provocado un deterioro ecológico progresivo por el manejo inadecuado de los mismos, generando preocupación por la contaminación del ecosistema. Comprender esta situación, lleva a buscar y desarrollar tecnologías limpias y menos costosas que permitan mejorar la calidad de los cultivos supliendo los nutrientes necesarios para su producción.

En este sentido, es donde cobran importancia los inoculantes biológicos, capaces de favorecer el aumento de producción de forma natural (Fontanetto, *et al*, 2010) minimizando el impacto de la contaminación (Klever *et al*, 2012).

Por tal razón, el desarrollo creciente de la agrobiotecnología arroja una luz de esperanza en lo que hace a esta problemática (Cassán y García, 2008).

Por su parte, las grandes empresas generadoras de tecnología agropecuaria y organismos estatales de investigación, haciendo eco de las nuevas necesidades han comenzado el desarrollo de insumos biológicos, buscando principalmente el reemplazo de aquellos de síntesis química por otros disponibles en la naturaleza.

### **Franjas verdes: una limitante a las actuales prácticas de producción**

El mayor conocimiento, como así también el mayor interés por el cuidado del medio ambiente, inmersos en un contexto de rápido y sostenido calentamiento global, han conllevado a que tanto productores como consumidores empiecen a buscar alternativas de producciones sustentables en el tiempo y en armonía con la naturaleza (Rivera Botía, 2008). Si bien la región agrícola de Junín históricamente ha basado su economía y producción en los 4 principales cultivos, maíz, trigo, girasol y soja, predominando actualmente este último en el paisaje, la implementación de la Ordenanza Municipal N°6425 (Honorable Consejo Deliberante, 2015) impondría una restricción para llevar adelante las prácticas actuales de producción extensiva.

Esta medida sancionada el 8 de noviembre del 2013, delimita una "franja verde" o "franja de amortiguamiento", por la cual se entiende a una "superficie delimitada de protección que por su naturaleza y por su ubicación requiere de un tratamiento especial para garantizar la conservación de un espacio protegido". La dimensión de la franja verde se establece desde la zona urbanizada hasta 500 metros, desde los establecimientos educativos rurales hasta 500 metros y para los cursos y espejos de agua, a partir de los 25 hasta los 500 metros". En este umbral se prohíbe la aplicación aérea de productos fitosanitarios y fertilizantes, tanto en la zona urbanizada como en la franja verde.

## Cultivos alternativos: el alcaucil

En este sentido, el alcaucil perteneciente a la familia *Asteraceae*, podría considerarse una alternativa de producción viable dada la cercanía a una de las zonas productivas de esta hortaliza de invierno. Según el Código Alimentario Argentino, el alcaucil es considerado una hortaliza de hoja, entendiéndose por hortaliza a “toda planta herbácea producida en la huerta, de la que una o más partes pueden utilizarse como alimento” (Artículo 819 – Resolución Conjunta SPReI N° 169/2013 y SAGyP N° 230/2013 - CAA). Asimismo, especifica que “con el nombre de alcaucil o alcachofa, se entiende a la inflorescencia (cabezuela) completamente desarrollada de *Cynara scolymus* L.” (Artículo 866 - Resolución Conjunta SPReI N° 169/2013 y SAGyP N° 230/2013 - CAA) (Código Alimentario Argentino, 2015).

La estructura comestible del alcaucil es la inflorescencia, constituyéndose de una cabezuela inmadura (receptáculo y numerosas brácteas). En el centro del receptáculo se desarrollan flores hermafroditas de colores azul-violáceos. La cabezuela se forma en el ápice caulinar, provocando el cese de crecimiento del tallo, desde el cual podrán crecer a partir de yemas axilares ramificaciones que darán origen a cabezuelas secundarias, más pequeñas y tardías. (Bertini, 2011).

La planta tiene hojas largas, pubescentes y de gran tamaño, que pueden alcanzar hasta un metro de longitud. Presentan una tonalidad verde claro en el haz, y una textura algodonosa en el envés. Las nervaduras centrales son prominentes y el limbo es lobulado, generalmente más pronunciado en las hojas basales, y menos en las hojas del tallo.

El alcaucil es reconocido por sus propiedades nutracéuticas. Presenta moléculas de reconocida actividad farmacológica, entre las que pueden destacarse derivados del ácido cafeínico (cinarina, ácido clorogénico y ácido cafeico), flavonoides como la luteonina y lactosas sesquiterpénicas como la cinaropicrina. Estos compuestos, que le confieren el característico sabor amargo, se concentran principalmente en las hojas (García *et al*, 2012).

La producción alcaucilera es típica de clima marítimo, necesita temperaturas suaves y baja amplitud térmica, así como también áreas libres de heladas. Es fundamental tener una alta humedad relativa, por encima del 60%, ya que de lo contrario las brácteas se abren anticipadamente disminuyendo la calidad comercial del producto. A su vez, se adapta a una amplia gama de suelos, resultando preferentes suelos profundos y bien drenados, de textura media. En este tipo de suelos se logra un equilibrio entre drenaje y conservación de humedad que permite obtener los mayores rendimientos y calidad (Bertini, 2011).

La temperatura óptima de crecimiento puede situarse alrededor de los 15°C a 20°C, aunque puede crecer a partir de los 6°C. La planta es más sensible a bajas temperaturas en la etapa de formación de la cabezuela, aunque temperaturas por debajo del punto de congelación son críticas para el cultivo (Ciren, 1988). Según señala Bertini (2011) sus estructuras aéreas se destruyen con temperaturas de -2°C a -4°C y con -10°C se dañan en forma permanente las estructuras subterráneas. Las temperaturas superiores a los 24°C inducen fibrosidad y apertura del capítulo y de las brácteas, pudiendo incluso hacerse más conspicuas las espinas apicales de éstas últimas.

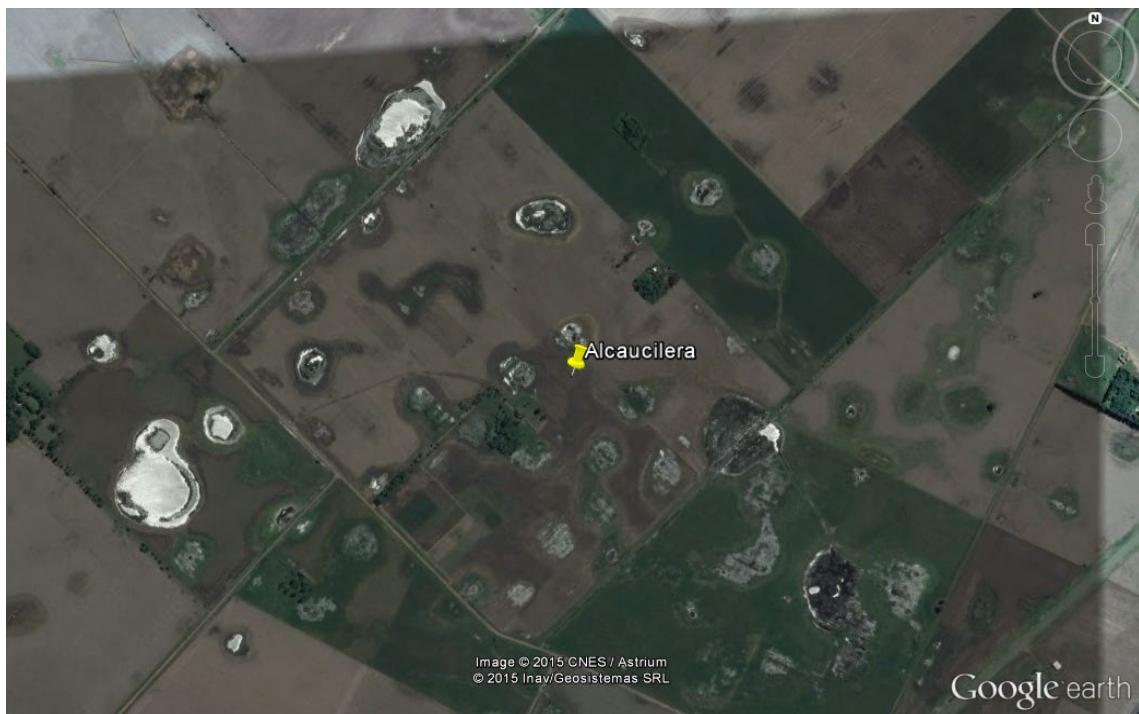
En cuanto a las características fisiológicas, tiene un requerimiento térmico de 800-1250 grados día (Temperatura base 10°C), entre 10 y 14 horas de luz, y si bien no requiere vernalización esta favorece la producción (Ciren, 1988). Jana *et al* (2011) haciendo tratamiento con frío (4°C) por 20 días encontraron un aumento de la precocidad, manifestando un adelanto de la fructificación hasta en 21 días, comparado con el testigo. Otros autores sostienen que el cero vegetativo está dado a los 4°C, a partir del cual se detiene el crecimiento, y la vernalización de los materiales reproducibles vegetativamente se produce cuando las plantas reciben temperaturas de 4°C durante un período de 4 a 6 semanas (García y Cointry, 2007).

Numerosas variedades de semilla requieren de la aplicación de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) para inducir la floración y obtener una mayor producción favoreciendo también la precocidad del cultivo. Esta aplicación de hormonas exógenas cobra más importancia en transplantes de primavera-verano ya que, ante la falta de horas de frío para la vernalización, la planta no puede producir esta hormona en cantidad suficiente para la inducción floral (Jana *et al*, 2011).

Actualmente, las cultivares de alcaucil multiplicable por semilla, comercialmente disponibles en Argentina, dan perspectivas interesantes para este cultivo, pero continúa siendo una práctica incipiente debido a la escasa información disponible (García *et al*, 2007).

Según estudios realizados por la autora en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario con plantas de alcaucil provenientes de semillas de los cultivares Imperial Star (Peters Seeds and Research) y Violeto Invernale (Green Seed) las siembras llevadas a cabo en otoño tienen mayor precocidad, pero se asocian a un menor rendimiento.

Los ensayos se llevaron a cabo en el Campo experimental de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA), ubicado en el noroeste de la provincia de Buenos Aires (34° 28' 57,47" latitud S y 60° 52' 39,91" longitud O), en la localidad de Agustín Roca.



**Imagen 1.** Posición de la alcaucilera. Obtenida a través de Google Earth Fecha de las imágenes: 03-11-2013 3

La alcaucilera fue implantada el 27 de junio de 2014, con dos híbridos comerciales, uno violeta (A) "Opal F1" y otro Verde (B) "Madrigal F1" pertenecientes a la marca Nunhems, con dos tratamientos, Testigo (2) y aplicación de *Azospirillum* (1), en una concentración de 100cc de *Azospirillum* en 1000cc de agua para asegurar la misma cantidad de UFC (Unidades formadoras de colonia). La cepa utilizada fue AZ39 ( $1 \times 10^7$  ufc.ml $^{-1}$ ) provista por el grupo de trabajo de PGPR de la Universidad Nacional de Luján.

Los plantines, obtenidos de semillas, se compraron a una plantinera comercial con 3 hojas desplegadas y se distribuyeron en una cantidad de 10 plantas por parcela dispuestas a 0,80 metros entre hileras y 0,50 metros entre plantas, a 5 de las cuales se les incorporó "in drench" (dirigido al cuello de la planta) 50cc de la solución de *Azospirillum* (1) y las otras 5 plantas actuaron de testigo (2).

La precocidad fue evaluada a través del conteo de hojas (CH) desde el transplante a emisión del capítulo, asociado al tiempo térmico. Asimismo, se realizó la curva de crecimiento a través de CH. Como labores culturales se realizaron carpidas manuales y riego por surcos durante todo el ciclo del cultivo. Se fertilizó foliarmente con "BioPlus Forte" el 8 de agosto. Se utilizó una dosis de 40cm $^3$  de fertilizante por mochila (20 litros) con el agregado de 10 cm $^3$  de coadyuvante ("Lero Wett"). Al mismo tiempo, se intentó comenzar con los tratamientos herbicidas en los entresurcos con "Diuron", pero la incidencia de vientos provocando deriva hacia los surcos determinaron conducir todo el ensayo con control de malezas manual, con azada.

El 10 de octubre se aplicó en forma foliar un fungicida, empleándose "Trichoderma" a razón de 25 gramos de producto por mochila.

Se cosecharon los capítulos de las plantas de cada parcela evaluando el rendimiento, tanto en número como en peso de cada fruto.

El diseño estadístico empleado consistió en parcelas divididas, correspondiendo la parcela principal a los híbridos (A y B) y las subparcelas a los tratamientos (1 y 2). La asignación de las parcelas se realizó de manera sistemática alternando entre híbrido y tratamiento, y se amplió la extensión del cultivo para eliminar cualquier tipo de efecto de bordura.

Para comparar las medias obtenidas para los tratamientos y las interacciones se aplicó el test de Tukey al 0,05%.

Paralelamente se registraron las temperaturas máximas (TM) y mínimas (Tm) con un Datta Logger Wash –Dog para estimar las horas de frío durante la vernalización utilizando el modelo de Crossa-Reynaud al que se le modificó la temperatura base de 7°C original del modelo por 4°C que corresponde al del cultivo de alcaucil. La fórmula aplicada fue =  $24 * (4 - Tm) / (TM - Tm)$ .

Respecto al eje fitosanitario, las plantas se monitorearon semanalmente registrando el conteo de plantas con síntoma de Bacteriosis (CS), Normales (N), Anormales (AN) (Fuera de tipo) y plantas Muertas (PM). Para su evaluación se utilizó el test de Kruskal Wallis al 0,05%.

### Diseño en el campo

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2
B2	A1	B2	A1	B2	A1	B2	A1	B2	A1	B2	A1
A1	B2	A1	B2	A1	B2	A1	B2	A1	B2	A1	B2
A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1	A2	B1

Referencias: A: OPAL F1; B: MADRIGAL F1; 1: AZOSPIRILLUM; 2: TESTIGO.

En el Gráfico N° 1 se presentan las curvas de crecimiento del cultivo para la cual se utilizó como parámetro de construcción el número de hojas, evaluándose los promedios hasta la aparición del primer capítulo del ensayo. En este sentido, el híbrido Madrigal F1 fue el primero en llegar a fructificación y presentaba en promedio 6 hojas por planta, poniendo en evidencia la desuniformidad del cultivo si tomamos en cuenta a aquellas plantas que pasaron al estado reproductivo contaban con más de 10 hojas desplegadas. Cabe remarcar que desde el día del transplante los plantines estuvieron expuestos a heladas continuas durante prácticamente dos semanas, repercutiendo sobre la tasa de crecimiento, ya que cuando la temperatura desciende por debajo de los 5°C, el alcaucil detiene su desarrollo (Bertini, 2011).

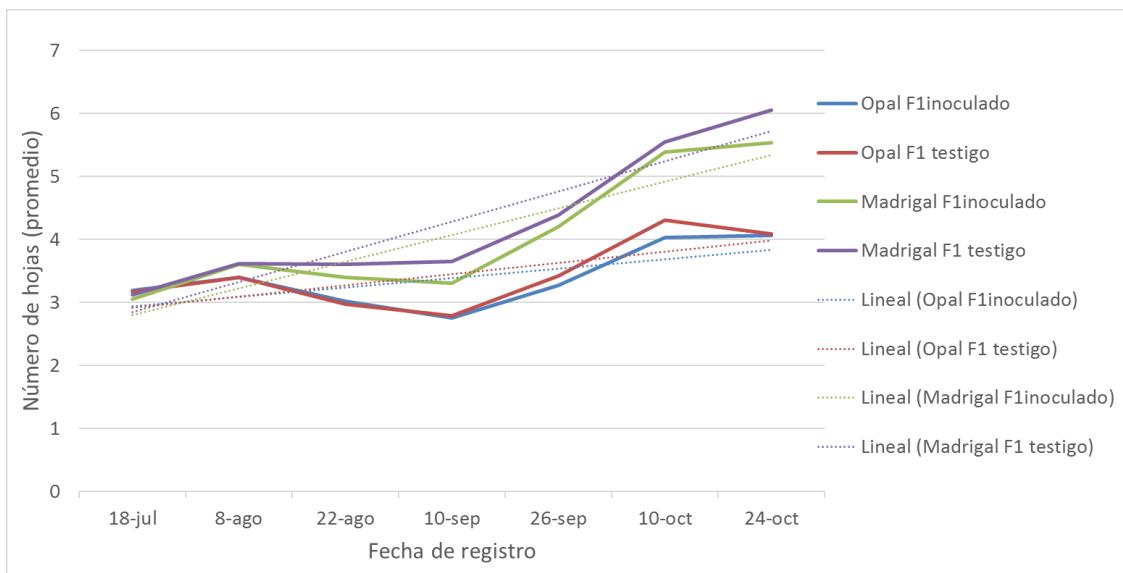


Gráfico N°1. Curva de crecimiento de los híbridos y sus tratamientos basada en el número de hojas.

Según Maroto (1995), citado por Bertini (2011) esta especie no tolera temperaturas de congelación; sus estructuras aéreas se destruyen con temperaturas de -2°C a -4°C. Esta situación presentada durante el transplante evidencia la destrucción de los órganos aéreos lo que podría haber provocado un retraso en la expansión foliar, manifestado por una marcada desuniformidad en el momento de fructificación. Sin embargo, el cultivo demostró una alta capacidad de

recuperación. No se observó un efecto significativo de la inoculación sobre la precocidad, pudiendo deberse a que la inoculación con *Azospirillum* presenta resultados erráticos (Perotti y Pidello, 1991).

Según señala Chávez Ramos (2013) el efecto más sobresaliente de la inoculación de plantas con *Azospirillum* se ha observado en el desarrollo de la raíz, principalmente en cambios morfológicos como incremento en la longitud de la raíz y numero de las raíces laterales, incremento del peso seco de la raíz, incremento del área del sistema radicular, y estimulación de los exudados. Estos cambios se encuentran directamente relacionados con la concentración del inóculo, cuando este es superior a los niveles óptimos tiene efectos inhibitorios. Mientras que dosis bajas no causan efectos.

Si bien no se obtuvieron diferencias significativas, se apreció una tendencia al retraso del desarrollo del inoculado respecto al testigo. Este efecto inhibitorio en la planta podría deberse a una sobredosis de bacteria que al no encontrar otros microorganismos que interactúen con ella puede acumular la producción de hormonas, provocando un efecto depresivo en la plántula (Canto *et al*, 2004).

Esto podría tener relación con los resultados obtenidos por Castañeda Saucedo *et al* (2013) donde se destaca que la concentración de *Azospirillum* utilizada causó efectos nulos o inhibitorios sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo cuando se probó sobre fresa (*Fragaria x ananassa* Duch).

En este sentido, resalta que la mayor parte de los estudios comerciales en campo no están documentados en la bibliografía, y que los resultados que fallan en demostrar un efecto positivo o que inducen una respuesta negativa de la planta son rutinariamente descartados y sus efectos negativos raramente reportados.

También aclara que existe la posibilidad de que no se obtuvieran efectos significativos positivos debido a la dosis utilizada, así como al desconocimiento de la cantidad de inoculaciones necesarias que, si bien es un factor desconocido, por razones prácticas en la mayoría de los estudios se utiliza una sola aplicación.

Al mismo tiempo, según Bashan (1986), hay factores contribuyentes a los resultados que no pueden ser determinados, y destaca que el suelo actúa como un buffer biológico contra la mayoría de las bacterias no autóctonas, lo cual podría dificultar la proliferación de *Azospirillum* y la colonización radicular.

También menciona que el suelo es deficiente en energía, y que la microflora podría utilizar a las bacterias inoculadas como fuente de nutrientes para su propio crecimiento. Si esto no fuera así, igualmente *Azospirillum* debería competir con muchos organismos saprófitos por los nutrientes exudados a la rizósfera por las raíces.

Todo este cúmulo de factores que influencian la técnica y la poca claridad respecto a sus comportamientos, son los que finalmente determinan que la inoculación con *A. brasiliense* aún ofrezca resultados inconsistentes a pesar de numerosos resultados positivos (García Olivares *et al*, 2012).

En la tabla 1 observamos el tiempo térmico desde transplante (TR) a emisión de capítulo (EC) estimados para Opal F1 y Madrigal F1 habiendo alcanzado 1638 y 1025 Grados-Día (GD) respectivamente, y a inicio de cosecha (IC) 1140 y 1863GD.

**Tabla 1.** Grados día acumulados para cada fase fenológica.

Híbrido	Fase fenológica	Fecha	Grados día acumulados
Madrigal F1	Emisión 1º capítulo	5/11/2014	1025
Opal F1	Emisión 1º capítulo	15/12/2014	1638,2
Madrigal F1	Cosecha 1º capítulo	13/11/2014	1140,1
Opal F1	Cosecha 1º capítulo	29/12/2014	1863

Estos resultados confirman que Madrigal F1 requiere menor acumulación calórica mostrando una mayor energía de Fase que se traduce en mayor precocidad que Opal F1. Esto se complementa con los resultados obtenidos en la tabla 2 donde se desprende que a 60 días del trasplante el número de hojas en Madrigal F1 fue significativamente mayor que en Opal F1.

**Tabla 2.** Análisis estadístico de la evolución del número de hojas transformando la variable a una función logarítmica.

Híbrido	Tratamiento	Fecha		22 de Agosto		10 de Septiembre		26 de Septiembre		10 de Octubre		24 de Octubre	
		Media	Significancia	Media	Significancia	Media	Significancia	Media	Significancia	Media	Significancia	Media	Significancia
Opal F1	Testigo	0,45	A		0,43	A		0,49	A		0,59	A	
Opal F1	Inoculado	0,47	A		0,44	A	B	0,51	A		0,62	A	
Madrigal F1	Inoculado	0,51	A	B	0,5		B	C	0,61		B	0,72	
Madrigal F1	Testigo	0,54		B	0,54			C	0,62		B	0,72	
												0,74	
													B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Esto puede deberse a que algunas especies en las etapas iniciales presentan una mayor sensibilidad a factores adversos (heladas) lo cual puede producir un retraso en la floración (Rojo Valenzuela, 2004), por otra parte, Condés Rodríguez (2015) destaca que Madrigal F1 tendría altas necesidades de reguladores de crecimiento para lograr la inducción a floración. Esto se podría explicar por un alto requerimiento de horas de frío que sería lo que provoque la respuesta tardía de la producción. Sin embargo, sin la implementación de hormonas exógenas, no sólo se logró suplir los requerimientos de vernalización, sino también favorecer la precocidad. En este sentido pudo haber influido la fecha de plantación ya que algunas especies presentan juventud y en esta etapa la planta es insensible a las condiciones que promueven la floración (Rojo Valenzuela, 2004). En este ensayo cabe señalar que con las 3 hojas verdaderas desplegadas al momento del transplante, el cultivo pudo recibir efectivamente la inducción vernalizante.

De allí que toma relevancia la estimación de las horas de frío acumuladas durante la vernalización las cuales alcanzaron 252 horas para la región, habiendo sido suficientes para llegar a cosecha. Es de resaltar que Madrigal F1 cumplió su ciclo hasta cosecha en 172 días desde el transplante mientras que Opal F1 lo hizo en 185 días rectificando la precocidad de Madrigal F1. (Tabla 3)

**Tabla 3.** Número de hojas (L) de trasplante de la floración y el número de días (D) desde el trasplante hasta la cosecha

	L	D
Madrigal F1	6	185a <sup>1</sup>
Opal F1	4	172 b

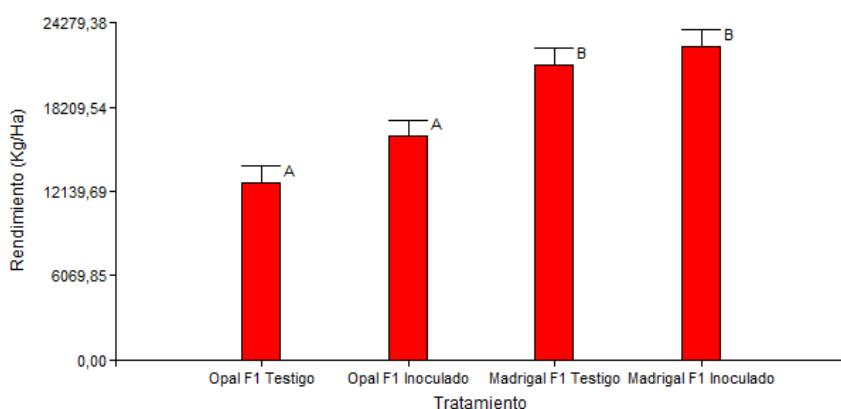
<sup>1</sup> Significa los valores seguidos por letras diferentes difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ).

A pesar de la fecha de implantación del cultivo se lograron resultados alentadores ya que las plantas que producen el mismo año de siembra muestran pérdidas de calidad por la divergencia y fibrosidad de las brácteas generada por las temperaturas elevadas al momento de cosecha, lo que hace que los capítulos se deban cosechar anticipadamente, provocando pérdidas sustanciales de rendimiento (García y Cointry, 2007). Esto fue observado principalmente en Opal F1 que por su comportamiento frente a las condiciones bioclimáticas retrasó su producción.

Tanto Miguel Gómez (2003) como Rojo Valenzuela (2004) resaltan que debido a las fechas de trasplante las altas temperaturas a las que estuvieron sometidas las plantas durante el verano pudieron actuar de manera adversa a las vernalizantes, perdiéndose el efecto de las bajas temperaturas, provocando la desvernalización del material.

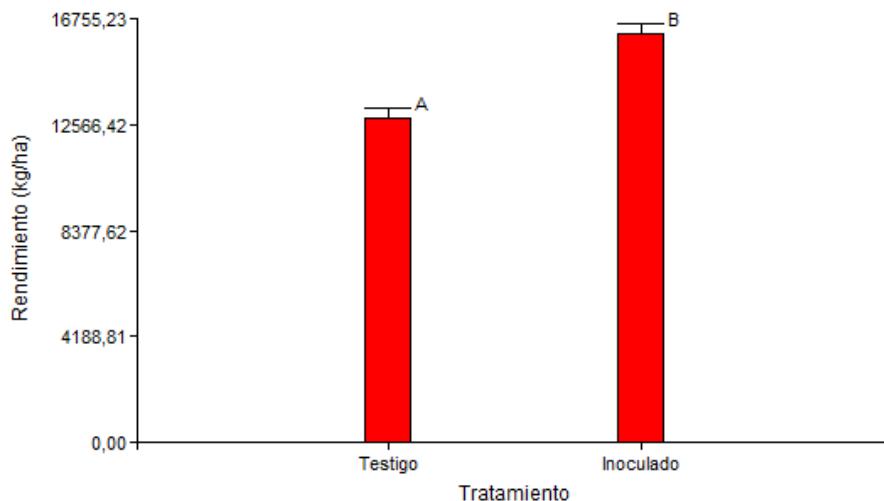
El momento de trasplante podría haber influenciado en este sentido ya que no todas las plantas lograron llegar a la floración, debido a que temperaturas bajas y mayor frecuencia de heladas ocasionan un inadecuado desarrollo vegetativo, impidiendo el viraje floral (García *et al*, 1998) o a que un exceso en los grados día y/o horas de frío disminuyen la precocidad del cultivo (Rojo Valenzuela, 2004).

Asimismo, Salisbury y Ross (1994) citados por Rojo Valenzuela (2004), señalan que existe una competencia por los nutrientes entre órganos vegetativos y reproductivos, y que los factores que estimulan el crecimiento del sistema aéreo pueden retardar el desarrollo de flores y frutos. Esto explicaría los resultados obtenidos para la fecha de iniciación del cultivo en nuestra región. En cuanto a los rendimientos obtenidos, tal como se verifica en el Gráfico N°2 el híbrido Madrigal F1 tuvo una producción significativamente mayor que Opal F1, no encontrándose diferencias entre el testigo y el inoculado, aunque se aprecia una tendencia positiva.



**Gráfico N°2.** Rendimiento en Kg/Ha de los distintos tratamientos.  
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

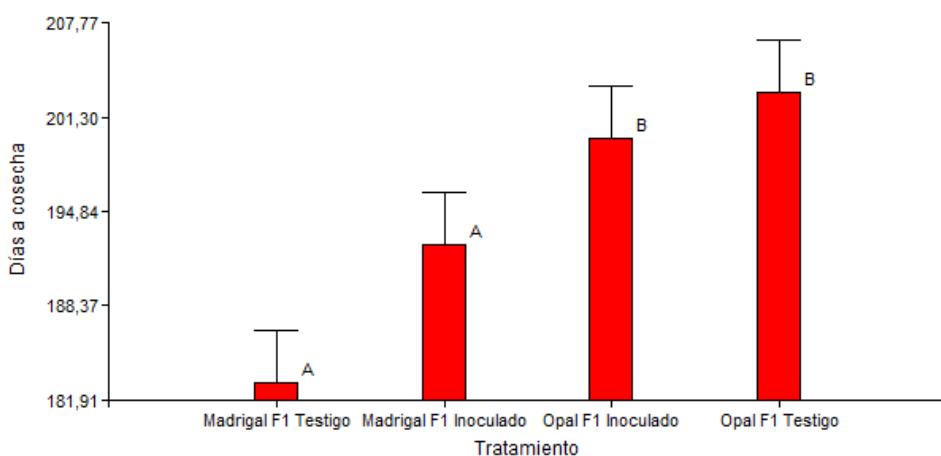
Dado que el comportamiento de Madrigal F1 fue marcadamente superior y con amplias posibilidades de producción en la región, se procedió a realizar un ANOVA individual de cada híbrido para, de esta forma, dilucidar con mayor precisión los efectos de los tratamientos. De esta forma se detectó que el híbrido Opal F1 mostró en el rendimiento una respuesta significativa y positiva a la inoculación, como puede apreciarse en el Gráfico N°3.



**Gráfico N°3.** Rendimiento en Kg/Ha según tratamiento para híbrido Opal F1.

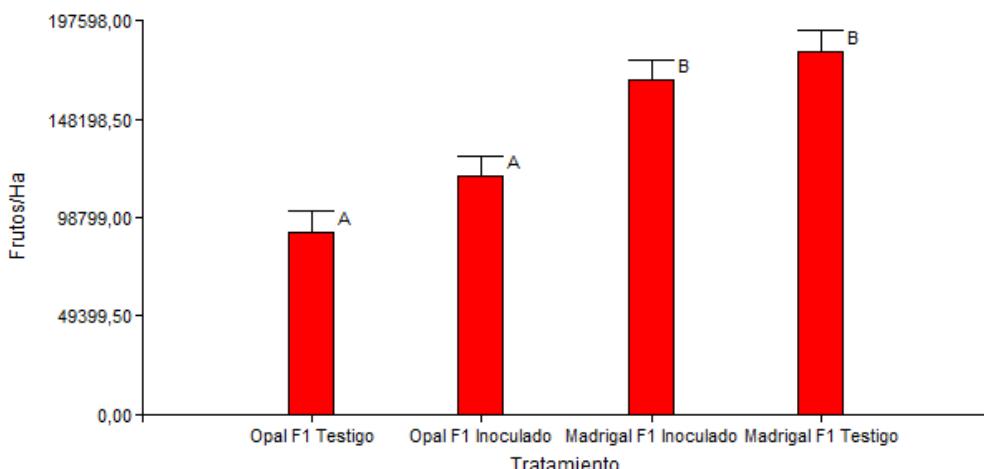
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La mayor precocidad mostrada por Madrigal F1 (Gráfico N°4) permitió entrar en producción de forma adelantada y mantener el estado reproductivo de la planta durante un mayor período de tiempo, lo que se tradujo en un mayor número de frutos (Gráfico N°5) y finalmente, un mayor rendimiento de Madrigal F1 por sobre Opal F1.



**Gráfico N°4.** Precocidad dada por los días a 1º cosecha de cada tratamiento.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Gráfico N°5.** Número de frutos por hectárea para cada tratamiento.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Tal como se desprende de los resultados obtenidos, el híbrido Madrigal F1 tuvo una producción mayor en número de cabezuelas (Gráfico N°5), pero un menor peso promedio de las mismas en comparación con Opal F1 (133,92g vs 154,64g respectivamente).

Lo antes expuesto se explicaría, como señala Rojo Valenzuela (2004), en que al eliminar las inflorescencias primarias y producir la ruptura de la dominancia apical, se favorecerá el desarrollo de las flores secundarias. En cuanto al híbrido Opal F1, que entró en producción de forma tardía, tuvo un período productivo más acotado donde prácticamente no logró desarrollar estas inflorescencias secundarias lo que derivó en un menor número de cabezuelas y un mayor peso promedio.

Finalmente, haciendo hincapié en el aspecto fitosanitario, las plantas del alcaucil son susceptibles a la “podredumbre de la raíz” (Ulmete, 2009) producida por *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, una bacteria que produce la desintegración de los tejidos (podredumbre blanda) y necrosis vascular de los órganos infectados.

Dentro de la sintomatología, el tallo y las raíces principales presentan exteriormente un oscurecimiento y, en cortes transversales y longitudinales de las raíces, en el cilindro central se puede apreciar podredumbre blanda gelatinosa, pardo claro brillante, suave al tacto y sin olor extraño que -con el tiempo- tiende a desaparecer o a reabsorberse originando un progresivo ahuecamiento, sin pérdida de consistencia de la parte vascular (Soto y Puglia, 2002). Estos síntomas fueron reconocidos a campo, y por aislamiento en laboratorio se pudo determinar la presencia de *E. carotovora* provocando enfermedad en el cultivo.

Además, estos autores, señalan que el patógeno penetra por heridas causadas en la raíz durante el laboreo del suelo y luego se transloca al tallo siendo el agua de riego el vehículo de transporte y diseminación de la bacteria. En tal sentido, se presume que la ocurrencia de heladas podría haber impulsado la formación de cristales de hielo que habrían actuado como responsables de provocar las heridas necesarias para el avance de este patógeno, al mismo tiempo que el riego por manto podría haber favorecido su proliferación.

Ante este evento, se procedió a evaluar su incidencia y los resultados obtenidos a través de la prueba no paramétrica Krushal Wallis (Cuadro N°3) mostraron mayor cantidad de plantas normales (N) tanto inoculadas (1) como testigos (2) en Madrigal F1 (B) diferenciándose significativamente de Opal F1 (A), para anormales (AN) no hubo diferencias entre (A) y (B) tanto en (1) como en (2); y en plantas con síntomas (CS), si bien no hay una marcada diferencia, los valores nos indican que (B) tanto para las plantas (1) como las (2) muestran una tendencia a tener más plantas sanas que (A). Con respecto a las plantas muertas (PM) (B) se diferencia significativamente de (A) en (1) y (2). Del estudio se puede concluir que las plantas tratadas con *Azospirillum* no influyeron sobre la resistencia a *Erwinia*, pero si se pudo observar que (B) mostró una mayor tolerancia a la enfermedad que (A). Es decir, se pudo determinar una mayor susceptibilidad del híbrido Opal F1, encontrándose para éste un mayor número de plantas afectadas. En tanto, Madrigal F1 mostró un mejor comportamiento frente a esta adversidad evidenciando un menor número de plantas enfermas y un menor número de plantas muertas.

**Tabla 3.** Análisis estadístico de la respuesta a bacteriosis de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Categoría	Medias	Ranks	Significancia				
Madrigal F1 Testigo	PM	0	49	A				
Madrigal F1 Inoculado	PM	0,08	54,63	A	B			
Opal F1 Inoculado	AN	0,08	54,63	A	B			
Madrigal F1 Testigo	AN	0,08	54,63	A	B			
Opal F1 Testigo	AN	0,33	68,13	A	B	C		
Madrigal F1 Testigo	CS	0,5	70,25	A	B	C		
Madrigal F1 Inoculado	AN	0,33	71,5		B	C		
Madrigal F1 Inoculado	CS	0,58	72,29		B	C		
Opal F1 Testigo	CS	1,08	98,21		B	C	D	
Opal F1 Inoculado	PM	1,17	105,13		C	D	E	
Opal F1 Testigo	PM	1,08	106,04		C	D	E	
Opal F1 Inoculado	CS	1,33	109,63		C	D	E	
Opal F1 Inoculado	N	2,42	138,67			D	E	F
Opal F1 Testigo	N	2,5	144,92				E	F
Madrigal F1 Inoculado	N	4	170,42					F
Madrigal F1 Testigo	N	4,42	175,96					F

PM: Plantas muertas; AN: Anormal; CS: Con Síntomas; N: Normal

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Conclusiones

En base a los resultados obtenidos del ensayo se puede resaltar que se logró una cosecha significativa en ambos híbridos, resultando positivo la respuesta a la vernalización temprana evaluada.

Es de resaltar, que Madrigal F1 fue claramente superior en su desempeño frente a Opal F1, mostrando tanto una mayor producción, como mejores características organolépticas y finalmente mayor tolerancia frente a la bacteriosis producida por *E. carotovora*.

Respecto a la inoculación con *Azospirillum*, si bien no mostró resultados demasiado relevantes, debería continuar investigándose en nuevos ensayos y evaluar otras cepas para lograr dilucidar si existen finalmente efectos sobre el cultivo. Se recomendaría en ensayos posteriores cuantificar la cantidad de bacterias por unidad de área para así determinar si hubo algún tipo de interacción entre materiales tratados y no tratados con el biofertilizante.

Como corolario de este trabajo, se resalta la aptitud y viabilidad de la producción de alcaucil en la zona de Junín, y se recomienda por su mejor comportamiento y adaptación al híbrido Madrigal F1 por sobre Opal F1 (Imagen 2).



**Imagen 2.** Alcaucil (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*). Hacia la izquierda Madrigal F1 (Verde) y en el lado derecho Opal F1



**Imagen 3.** Detalle de la inflorescencia del Alcaucil (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*). Hacia la izquierda Madrigal F1 (Verde) y en el lado derecho Opal F1

## Referencias

- Bashan, Y. (1986).** Enhancement of wheat roots colonization and plant development by Azospirillum brasiliense Cd. following temporary depression of the rhizosphere microflora. *Appl. Env. Microbiol.* 51: 1067- 1071.
- Bertini, C. (2011).** Cultivo de alcachofa (*Cynara cardunculus sub scolymus L.*). Rosario, Argentina: Informativo INIA Ururi Nº 56, Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR Distribución gratuita ISSN: 16698584.
- Canto-Martin, J., Medina-Peralta, S. & Morales-Avelino, D. (2004).** Efecto de la inoculación con Azospirillum sp. en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense Jacquin*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 4(1), 21-27.
- Cassán, F. & García, I. (2008).** Azospirillum sp.: Cell physiology, plant interactions and agro-nomic research in Argentina. Asociación Argentina de Microbiología.
- Cassán, F., Penna, C., Creus, C., Radovancich, D., Monteleone, E., García de Salamone, I., Di Salvo, L., Mentel, I., García, J., Mayans Pasarello, M., Lett, L., Puente, M., Correa, O., Punschke Valerio, K., Massa, R., Roosi, A., Días, M., Catafesta, M., Righes, S., Carletti, S., Rodríguez Cáceres, E. (2010).** Protocolo para el control de calidad de inoculantes que contienen Azospirillum sp. Documento de Procedimientos de la REDCAI número 2. Asociación Argentina de Microbiología. ISBN 978-987-98475-9-6
- Cassan, F.; Rivera, D.; Torres, D.; Molina, R. (2013).** Aspectos bioquímicos, fisiológicos y agro-nómicos de la producción de fitohormonas por Azospirillum sp. Microbiología Agrícola. Segunda Edición.
- Castañeda Saucedo, M. C., Gómez González, G., Tapia Campos, E., Núñez Maciel, O., Barradas Pérez, J. S. & Rujano Silva, M. L. (2013).** Efecto de Azospirillum brasiliense y fertilización química sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de fruto de fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) *Interciencia*, vol. 38, núm. 10, octubre, 2013, pp. 737- 744 Asociación Interciencia Caracas, Venezuela.
- Chávez Ramos, C. G. (2013).** Efecto de la inoculacion con Azospirillum brasiliense en el flujo de protones de la membrana celular de raíz de mezquite (*Prosopis articulata*) en un sistema aeropónico. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste.
- Ciren, S. (1988).** CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES. Requerimientos de clima y suelo: chacras y hortalizas. En CORFO.
- Código Alimentario Argentino. (2015).** Ley 18.284
- Condés Rodríguez, L. (2015).** Fundación Cajamar. Obtenido de Manejo de nuevas variedades de alcachofa: <http://www.fundacioncajamar.es/pdf/bd/comun/transferencia/02-manejo-de-las-nuevas-variedades-de-alcachofa-fernando-condes- 1403249260.pdf>
- Honorable Concejo Deliberante (2015).** Ordenanza Municipal nº6425. Obtenido de Municipalidad de Junín: [http://www.junin.gob.ar/fx/hcd/rasOr/ordenanza\\_PDF.php](http://www.junin.gob.ar/fx/hcd/rasOr/ordenanza_PDF.php)
- Fontanetto, H.; Keller, O.; Gambaudo, S.; Sosa, N.; Belotti, L.; Negro, C.; Giailevra, D.; Albrecht, J. & Boschetto, H. (2010).** Efecto de un promotor biológico del crecimiento vegetal y

- de la fertilización en trigo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria Rafaela (EEA Rafaela).
- García, S., Escalante, A., Rotondo, R., Firpo, I., Cravero, V., López Anido, F., & Cointry, E. (2012).** El poder del alcaucil. Rosario, Argentina: Revista Agromensajes n° 34. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario (UNR).
- García, S. M. & Cointry, E.L. (2007).** Determinación de la fecha óptima de siembra en alcaucil. Horticultura Argentina 26(61): 5-11.
- García, F. O. & González Sanjuan, M. F. (2010).** Balances de nutrientes en Argentina ¿Cómo estamos? ¿Cómo mejoramos? Informaciones Agronómicas del Cono Sur, 48:1-5.
- García, S. M., Firpo, I.T., López Anido, F.S. & Cointry, E. L. (1998).** Incidencia de técnicas culturales sobre la rentabilidad del alcaucil (*Cynara scolymus* L.) en Argentina. Avances en Horticultura 3(1):43-48.
- García-Olivares, J. G., Mendoza-Herrera, A. & Mayek-Pérez, N. (2012).** Efecto de Azospirillum brasiliense en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. Universidad y Ciencia. 28: 79 - 84.
- Jana, C., Gutiérrez, R. & Alfaro, V. (2011).** Propagación de alcachofas. Un aspecto clave en la producción. La Serena, Chile.: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Intihuasi. 45 p. Boletín Nº 222.
- Klever, I., Granda, M. & Sotomayor, S. (2012).** Microorganismos diazotróficos y su contribución a la fijación biológica del nitrógeno. Universidad Nacional de Loja – Ecuador. Centro de Biología, vol. 1. ISSN 1390-7573.
- Martínez, R., López, M.; Dibut, B.; Parra, C.; Rodríguez, J. (2008).** La fijación biológica de nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura.
- Miguel Gómez, A. (2003).** Cultivo de alcachofa procedente de semilla. Valencia, España: Generalitat Valenciana.
- Pérez, J. & Casas, M. (2005).** Estudio de la interacción Planta- Azospirillum en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.). Cultivos Tropicales, vol. 26, n° 4, pág. 13-19, Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar (INICA). Boyeros, Cuba.
- Perotti, E.B.R. & Pidello, A. (1991).** Evolución del Nitrógeno mineral del suelo en presencia de Azospirillum. Ciencia del Suelo, 8 (1): 41-46, ISSN: 1850-2067.
- Puente, M.; García, J.; Rubio, E. & Perticari, A. (2010).** Microorganismos promotores del crecimiento vegetal empleados como inoculantes en trigo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria Rafaela (EEA Rafaela).
- Rivera Botía, M. (2008).** Optimización de un medio de cultivo para la producción de un inoculante con base en Azospirillum brasiliense c16 (Tesis de Grado) . Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente. Universidad Francisco de Padua Santander.
- Rojo Valenzuela, L. (2004).** Desarrollo de un sistema de producción forzada de alcachofa mediante vernalización artificial y GA3 (Tesis). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile).

- Soto, J. A. (2002).** Podredumbre radical bacteriana del alcaucil en Mendoza (Argentina). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo 34(2): 35-42.
- Ulmete, M. (2009).** Utilidad del extracto de hojas del alcaucil en el tratamiento de la hipercolesterolemia. Monografía. 66 pp

# CAPÍTULO 9

## Producciones Frutícolas sustentables. Herramientas para el manejo del huerto frutal sustentable

*Gabriela Morelli, Mariana Florio*

La obtención de fruta es el resultado de la interrelación entre cuatro factores de importancia sustancial: la planta frutal, el clima, el suelo y la acción de diferentes organismos.

El adecuado manejo de esta interrelación hará que podamos sostener en el tiempo una producción de calidad, cuidando y optimizando los recursos naturales.

En este capítulo se hace foco en la planta frutal, y en algunas técnicas que hemos implementado para el manejo de las principales problemáticas que afectan la producción de fruta en nuestra zona. Estas intentan lograr el menor impacto posible sobre el medio y la mayor eficacia en su utilización, aspectos esenciales para el desarrollo de un monte frutal sustentable.

### La planta frutal

La fruticultura posee una herramienta fundamental que es la de disponer en una planta, de dos individuos diferentes. Ambos individuos si bien mantienen su identidad genética, conforman una unidad que se interrelaciona. Esta unión se logra mediante la técnica de la Injertación. Así, el árbol frutal está formado por un pie, patrón o portainjerto que constituye el sistema radicular y por la variedad que definirá la copa. Por consiguiente, esta herramienta permite la combinación de un sistema radicular apto para determinadas condiciones de suelo y de una parte aérea que produzca fruta con determinadas cualidades. Para muchas especies de árboles frutales la disponibilidad de diferentes tipos de portainjertos permite el éxito productivo aun en suelos con características muy diferentes.

Entre otros aportes las plantas injertadas permiten:

- Perpetuar características favorables de variedades que son difíciles de propagar vegetativamente
- Aprovechar la tolerancia que aportan ciertos portainjertos a factores negativos del suelo (sanitarios, físicos o químicos)

- Aportar tolerancia a factores climáticos adversos,
- Influir sobre el tamaño del árbol, sobre su precocidad, productividad y la calidad de fruto.
- Acortar el periodo improductivo del árbol

Por esta razón, para lograr un monte sustentable, es primordial elegir la combinación portainjerto-variedad con mucho criterio, de acuerdo a las condiciones ecológicas del lugar y al sistema productivo que se desea instalar. Si bien la mayoría de los frutales están injertados sobre pies de la misma especie, existen casos de injertos entre diferentes especies (manzano sobre membrillero o duraznero sobre ciruelo). Esto se logra siempre y cuando las especies estén emparentadas y presenten compatibilidad. En este link... se puede acceder a información sobre las principales características de los portainjertos de mayor uso para las diferentes especies frutales. La recomendación es indagar sobre el comportamiento de las opciones disponibles en los viveros y elegir el pie de acuerdo a las características del lugar de plantación.

Se debe tener en cuenta que producir una planta injertada demanda entre dos y tres años. Por este motivo para asegurar la disponibilidad del material seleccionado en la época adecuada de plantación, es necesario planificar previamente el monte y lo ideal es solicitar las plantas al viverista con uno o dos años de anticipación.

Es de interés saber que para la obtención de los portainjertos se puede recurrir a métodos de propagación sexual o asexual (agámica) y que cada uno de estos métodos da origen a plantas con características diferentes.

**Los Portainjertos de origen sexual:** son los obtenidos por semillas, presentan variabilidad genética, desarrollando plantas poco uniformes. Por otro lado, le imprimen a la variedad un vigor muy alto, sobre todo si son injertados con variedades de la misma especie. Su ventaja es el bajo costo de obtención. Existen portainjertos de durazneros como el Nemaguard y el Nemared que han sido seleccionados genéticamente y que presentan una alta homogeneidad.

**Los Portainjertos de origen asexual:** son los obtenidos en forma agámica, ya sea por estacas, acodos o por micropropagación. Al ser genéticamente idénticos, son de interés cuando se busca una plantación de plantas uniformes.

#### **Para poder elegir debemos tener en claro:**

¿Qué se busca de un portainjerto?

- Que sea compatible con la variedad seleccionada
- Que se adapte a las condiciones de suelo (existen portainjertos aptos para suelos calcáreos, salinos, pesados)
- Resistencia y /o tolerancia a patógenos de suelo como nematodos, Agrobacterium tumefaciens, Phytophtora spp. etc.
- Que controlen el vigor de la planta (se suelen preferir plantas de menor tamaño para facilitar el manejo y sobre todo la cosecha) (Imagen 1.)

- Que no franqueen ni emitan sierpes, ya que su eliminación incrementa y dificulta las labores manejo (Imagen 1).



**Imagen 1.** Plantación de manzanos injertados sobre portainjertos de escaso vigor (enanizantes) (izq.).  
Rebrote de Portainjerto muy “franqueador” (der.).

### ¿Qué se busca al elegir la variedad?

- Que se adapte a las condiciones ecológicas de la zona.
- Que tolere las plagas y enfermedades habituales del lugar y propias de la especie.
- Que produzca fruta con las características deseadas (tamaño, color, sabor, época de cosecha)

### La calidad de la planta frutal

Rofriguez (2008) define a la calidad de planta como la capacidad que tienen los individuos para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio donde se establecen. Además, una planta frutal debe responder a las siguientes pautas: identidad genética (portainjerto y variedad); garantía sanitaria; altura de injerto y tamaño y/o estado de la planta.

Para garantizar las dos primeras pautas el Instituto Nacional de Semillas (INASE), a través de la Ley Nacional de Semillas y Creaciones Fitogenéticas 20247, define dos tipos de plantas comercializables: plantas *identificadas* y *plantas certificadas*. Mientras que las primeras presentan un rótulo rojo que identifica al viverista, a la especie, a la variedad y al portainjerto, las plantas certificadas deben identificarse con un rótulo de color azul y llevar adherido al dorso la estampilla oficial emitida por el INASE que indica que proviene de un sistema de producción con un seguimiento de identidad genética y del estado sanitario

**Altura de injerto:** la planta debe estar injertada a 20 o 25 cm del suelo para prevenir que al momento de la plantación el injerto quede cubierto por tierra generando inconvenientes como la emisión de raíces por parte de la variedad injertada “franqueamiento”. Además, es probable que, si la zona del injerto no está aún cicatrizada, se produzcan infecciones por patógenos del suelo.

**Tamaño de la planta:** a la hora de elegir un lote de plantas, conviene que se refiera su altura con el diámetro de su tallo “índice de esbeltez” (proporción entre la altura de la planta y su diámetro). Si esta proporción es muy elevada, la planta se desarrolla “ahilada”, muchas veces esta característica es atribuible a la falta de luz en el vivero; mientras que las plantas con índices de esbeltez bajos, se presentan “achaparradas”. En ambos casos las plantas presentan un menor desarrollo a campo.

Por otro lado, también se debe considerar la proporción entre la masa de la parte aérea y la radical (PA/PR). En general, un mayor desarrollo radicular en vivero asegura una óptima implantación en campo, aunque esta relación varía entre especies y no necesariamente un PA/PR reducido implica un mejor desarrollo post-plantación. Mientras que las concentraciones de nutrientes minerales, especialmente, nitrógeno y fosforo, y azúcares de reserva de plantas de vivero favorecen la resistencia a las heladas y la desecación, así como el máximo desarrollo del sistema radicular una vez implantadas a campo. Para finalizar, la calidad funcional de la planta está determinada también por las condiciones que se les da en el vivero en cuanto a sustratos, fertilización y contenedor. Además, influyen las condiciones invernales a las que están sometidas en el vivero y la desecación que pueda sufrir durante el transporte hasta el campo y la plantación.

#### **Indicadores morfológicos de plantas de calidad deficiente:**

Se mencionan algunas observaciones básicas que alertan al momento de seleccionar las plantas a implantar

- Plantas con heridas no cicatrizadas
- Plantas parcialmente o totalmente secas
- Tallos con fuertes curvaturas
- Tallos múltiples
- Tallos con muchas guías
- Tallos y ramas con parada vegetativa incompleta
- Tallos desprovistos de una yema terminal sana
- Escasa o nula presencia de yemas o ramificaciones
- Follaje reciente y cuello de raíz dañado

Entonces, para implantar un monte frutal sustentable, es fundamental partir de una adecuada elección de plantas de calidad y de acuerdo a las condiciones agroecológicas del lugar de implantación y al sistema productivo deseado, como también procurar su traslado y acondicionamiento en las condiciones menos estresantes para las mismas.

## **En el suelo las raíces**

El sistema radicular: No cabe duda que, al estar el sistema radicular inmerso en el suelo la naturaleza de éste va a influir en el cumplimiento de las funciones, en el crecimiento y en el desarrollo del árbol. Conocer la fisiología de la planta y la distribución de las raíces da una visión práctica orientada al cumplimiento de estas funciones.

El sistema radicular de un árbol está constituido por todos los tipos botánicos de raíces que pueden presentarse en un vegetal superior como raíces pivotantes y superficiales, raíces fibrosas y leñosas, raíces primarias secundarias, terciarias, etc. hasta pelos radicales, raíces absorbentes y raíces de anclaje. Su distribución en superficie ocupa un área sensiblemente superior a la proyección de la copa y salvo los casos en que exista algún condicionante la distribución superficial del sistema radicular es, aproximadamente circular con un radio medio de 1,5 a 7 veces superior al radio medio de la superficie de proyección de la copa.

Mientras que las especies más rústicas y vigorosas tienen raíces pivotantes que pueden alcanzar los tres metros de profundidad y constituyen un fuerte anclaje, algunas variedades presentan portainjertos enanizantes que poseen un sistema radicular muy poco desarrollado y superficial, por tanto, requieren la utilización de empalizadas o espalderas para sostener al árbol.

En general el sistema radicular activo encargado de la absorción de agua y nutrientes se distribuye entre los 10 y 90 primeros centímetros de profundidad. Es de esperar que las raíces pivotantes, al explorar un volumen más grande, cuenten con mayor disponibilidad de agua, aunque en profundidad los nutrientes se encuentran en procesos de fijación. En tanto que las raíces más superficiales son más susceptibles a sufrir estrés hídrico ante condiciones de sequía, pero disponibilidad de nutrientes se ve más favorecida (Sanchez, E. 2007). En la práctica, los aportes de abono orgánico o químico complementado con el aporte regular de agua optimizan esta función.

En lo habitual, el ciclo de actividad radicular se inicia dos o tres semanas antes de la brotación primaveral y finaliza dos a tres semanas posterior a la caída de las hojas. (Gil-Albert Velarde, 1996). Se debe considerar que, en el verano, los productos formados por la fotosíntesis se reservan hasta la primavera siguiente ya que la actividad de las raíces disminuye.

La respiración de las raíces si bien es limitada, existe y debe favorecerse. Numerosos trabajos demuestran que la compactación de los suelos de los montes frutales, afectan tanto la disponibilidad de agua y nutrientes para los árboles, como su desarrollo total y la calidad final de la fruta. Bowen et al. (1994) resaltan que la compactación de un suelo, cuantificada por la resistencia a la penetración puede limitar significativamente la extensión y distribución radicular. Estas compactaciones, aumentan la resistencia a la penetración y son comunes que se produzcan por un alto uso de maquinaria agrícola (pulverizadoras, desmalezadoras, cosechadoras, etc.) por el mismo sector del terreno. Según este autor, los valores máximos de presiones que pueden ejercer las raíces para desarrollarse satisfactoriamente varían entre 0,9 y 1,5 MPa () en tanto valores de resistencia a la penetración superiores a los 2,5 MPa se consideran causantes de la detención del crecimiento radicular. Intensidades de tráfico equivalentes al manejo tradicional del huerto frutal, sobre un suelo desnudo, inducen valores de resistencia a la penetración limitantes para el

normal desarrollo radicular. La presencia de cobertura vegetal interfilar disminuye la susceptibilidad del suelo al incremento de la resistencia mecánica (Dragui et al.; 2005)

De acuerdo con esto Sanchez, E. (2007) afirma que cualquier hecho que altere la fisiología de la raíz como un estrés hídrico, la falta de oxígeno en el suelo como consecuencia de una compactación, la toxicidad por sales o cuestiones sanitarias repercutirá en su capacidad de absorber agua y nutrientes.

### **El suelo**

El material base con el que trabaja un fruticultor es la tierra, el suelo. Las técnicas a implementar para su adecuado manejo y conservación se deben decidir conociendo mediante un correcto diagnóstico las características más importantes de este recurso.

Sin duda el principal parámetro que define la calidad del suelo es la materia orgánica (M.O). Esta determina la estructura, aireación y la estabilidad de los agregados. Sus efectos sobre las propiedades químicas refieren a la capacidad de intercambio, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampon del suelo favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas. En cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado (Graetz, 1997). La fauna edáfica podría ser utilizada como indicadora de las condiciones ambientales del suelo. Las lombrices de tierra en particular pueden ser útiles como indicadoras ya que poseen una movilidad moderada, ciclos de vida relativamente largos y baja dispersión a escala mesogeográfica (Domínguez, J., et al.2009)

En este sentido, se debe buscar que el suelo proporcione de antemano los nutrientes que el cultivo requiere, evitando cualquier deficiencia. Mientras que el uso de fertilizantes sintéticos de origen mineral se recomienda sólo en casos limitados, ante necesidades específicas como es la alta demanda de zinc en suelos alcalinos o la aplicación de calcio foliar ante la alta susceptibilidad de enfermedades de pos cosecha de algunas variedades de manzanos.

Referido a la gestión del cultivo ecológico de árboles frutales, emerge como prioridad la implementación de alternativas que permitan la conservación del suelo y del agua, a la vez que minimicen el uso de los fertilizantes inorgánicos y de los herbicidas.

## **La práctica de los cultivos de cobertura en el huerto frutal**

La práctica de dejar crecer especies herbáceas en el monte es muy antigua y cada vez se recomienda más. Se busca beneficiar la interacción entre diferentes especies que comparten el mismo entorno: frutales, plantas herbáceas presentes en la hilera de cultivo o entre hileras, microorganismos y macroorganismos del suelo.

La cobertura herbácea aporta una serie de servicios ecosistémicos al monte frutal tanto desde el punto de vista agronómico como ambiental. Entre los beneficios se mencionan la reducción de

la erosión, la mejora de la estructura del suelo, la mayor incorporación de agua de lluvia, y el aumento de la materia orgánica y biodiversidad microbiana. Generalmente los suelos con coberturas son menos propensos a riesgos de pérdidas de elementos minerales por lixiviación y escorrentía. Cuando los suelos son cultivados por varios y repetidos años con coberturas verdes, necesariamente el aumento en el nivel de materia orgánica mejora la estabilidad estructural y la infiltración, aunque dichos efectos pueden no ser visualizados en los primeros dos años de implantación (Moore et al., 1989).

Por otra parte, los cultivos de cobertura, pueden ser muy útiles para suprimir la población de malezas provenientes de semillas, ya que con buen desarrollo de biomasa en la primavera puede reducir la germinación de las semillas no deseadas. Por otro lado, los individuos provenientes de rizomas crecen a expensas de sus reservas, permitiendo de esta forma a los brotes superar el canopeo del cultivo de cobertura y captar la radiación. Pero, si al momento de la brotación, el canopeo del cultivo de cobertura se encuentra en activo crecimiento, la competencia por recursos con los brotes de la maleza puede reducir la producción de biomasa de la misma, tanto aérea como subterránea, afectando el número de semillas y de nuevos rizomas y por tanto limitando su propagación.

Es importante considerar que existen algunos momentos críticos para el control de malezas durante la estación de crecimiento. Al-Hinai et al. (1999) demostraron en cultivos de guindo que el control de malezas a inicio del verano mejora el crecimiento de los árboles y sus rendimientos en comparación con situaciones de control de malezas al final del mismo.

Para el establecimiento de un cultivo de cobertura se pueden dejar las especies herbáceas que crecen naturalmente en el lugar (Imagen 2) evitando la propagación de especies de hoja ancha y las que presentan raíces de gran desarrollo que consumen mucha agua como *Taraxacum officinale*, (Diente de león), *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Sorgo de Alepo), *Chenopodium ambrosioides* (Quenopodio).



**Imagen 2.** Entrefila con carpeta herbácea natural y riego localizado en las filas, A cultivo de arándanos B. Cultivo de kiwi.

Otra alternativa es sembrar especies que posean las mismas cualidades (bajo consumo de agua y con raíces superficiales, para evitar la competencia por nutrientes con los árboles frutales). Se deben buscar especies de rápido establecimiento que compitan con eficacia con las especies locales indeseables y que posean bajo vigor para evitar cortes frecuentes. En suelos fértilles y sin problemas de humedad se pueden implantar especies de festuca (*F. arundinácea*; *F. ovina*), *Poa pratensis* y *Lolium perenne*, *Agrostis tenuis* y *Avena*. Son recomendables las mezclas consociadas con leguminosas para aprovechar la capacidad de fijación de nitrógeno que poseen, gracias a la simbiosis con bacterias del género *Rizobium*. Entre las especies recomendadas se menciona la vicia (*Vicia sativa*), alfalfa (*Medicago sativa*) y varios tipos de tréboles de los géneros *Medicago* y *Trifolium*.

Se debe tener en cuenta que en los primeros años de la implantación de los árboles frutales estas coberturas ejercen una gran competencia por agua, nutrientes y espacio. Esta competencia puede deprimir el desarrollo de los árboles y retardar su entrada en producción. Por consiguiente, en las zonas más cercanas a las raíces de los árboles, se debe optar por coberturas de especies poco invasivas con raíces muy superficiales o coberturas inertes (como pajas o mantillos).

La disponibilidad de nutrientes para el árbol se puede complementar a través de la distribución de acondicionadores orgánicos de suelo.

## Nuestra experiencia en árboles frutales gestionados en cultivo ecológico

Se menciona la experiencia realizada en el centro de Extensión Universitaria de la UNLP: “Huerta Ecológica Santa Elena” ubicada en el Parque Pereyra Iraola. La misma se realizó en una parcela de 5000m<sup>2</sup>, implantada a 5 X 5 con variedades de manzanos, durazneros, damascos y ciruelos, con riego localizado.

El suelo estaba cubierto por una población abundante de *Sorghum halepense* “sorgo de Alepo”. El sorgo de Alepo es una gramínea perenne que puede llegar alcanzar los 2 m de altura, se reproduce por semilla y por rizomas, que desarrollan durante la primavera y el verano. Mientras que durante el invierno los rizomas están inactivos, la biomasa aérea se seca a causa de las heladas, y son estos rizomas los que generarán, junto con las semillas, las nuevas plantas en la próxima estación de crecimiento (Leguizamón, ES 2012). Estas características lo convierten en una maleza muy invasiva. En Argentina fue declarada plaga nacional de la agricultura en 1930.

Por esta razón, se propuso el control de esta especie y su aprovechamiento como biomasa para mejorar la estructura del suelo y además se implementó la siembra cultivos de cobertura.

Como estrategia de manejo se ejecutaron cortes sucesivos del sorgo, a ras de suelo para provocar el uso de las reservas en el rebrote y su debilitamiento. Además, con estos cortes se evitó que el mismo semille y se resiembre. (Imagen 3). Se cortó cada vez que el sorgo alcanzaba los 30 cm de altura (aproximadamente cada 10 días). Esta tarea se realizó con motoguadaña. En el otoño se roturó el suelo exponiendo los rizomas previamente trozados al ambiente invernal. Las condiciones de intemperie, provocó su deshidratación y afectó severamente su brotación en la temporada primavero-estival siguiente.



**Imagen 3.** A- Árbol frutal implantado en parcela cubierta por Sorgo de Alepo (primavera)  
B- Sorgo cortado al ras

Todo el material vegetal cortado se dejó como acolchado sobre las entre filas, la oscuridad que generó colaboró con el debilitamiento de la maleza.

En invierno, sobre el suelo roturado, se instaló el cultivo de cobertura. En algunas hileras se sembró lino, y en otras avena, habas y arvejas, usando como acolchado la paja del sorgo picada (Imagen 4). Se eligieron dichas especies por tener un establecimiento rápido y para aprovecharlas para consumo.



**Imagen 4.** A- Siembra de especies en la fila de plantación (invierno)  
B-Plantación de hijuelos de alcaucil en la entre línea de frutales

También se optó por incorporar plantines de otras hortalizas (lechugas, coles, acelgas) para que cubran rápidamente los espacios que iban quedando limpios y así competir con el sorgo (Imagen 5). La plantación de hijuelos de alcauciles fue una buena opción, ya que por su gran desarrollo cubrió un gran espacio en la entre fila. Estas especies contribuyeron a la diversidad de la huerta. No se sembraron especies estivales para evitar mayor competencia por el recurso agua con el desarrollo de los frutos.



**Imagen 5.** Suelo cubierto por lino y hortalizas.

Además, buscando aumentar la presencia de insectos benéficos, repeler a los dañinos y generar una protección a los troncos de los árboles contra los rayos solares, se incorporaron algunas especies florales y aromáticas perennes bajo las copas de los frutales (tomillo, orégano, caléndulas, margaritas).

Al fin de cada ciclo se recolectó una cantidad de semillas para la siembra de la próxima temporada y el resto se aprovechó para consumo. Los restos vegetales se incorporaron al suelo. En los sucesivos años se fueron rotando los cultivos de coberturas (avena, lino, habas, arvejas). Al cabo de tres años se observó en la parcela tratada una importante reducción de Sorgo de Alepo y una mejora en la estructura del suelo en donde se destaca la presencia de raicillas y numerosas lombrices que indican, entre otros efectos, la disponibilidad de nutrientes para el cultivo.

Con esta estrategia, además, se favoreció la resiembra natural de leguminosas como la vicia y de algunos tréboles que fueron encontrando condiciones propicias para su desarrollo y aportaron al ecosistema sus servicios.

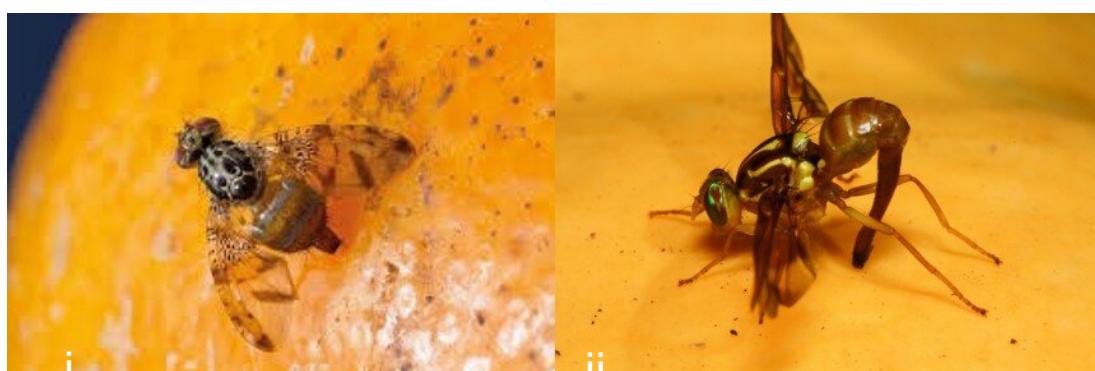


**Imagen 6.** A- margaritas al pie del duraznero con trampa de botella para mosca de los frutos.  
B- Raíces absorbentes en suelo con alto contenido de Mo del suelo del lugar.

## Un gran desafío: la mosca de los frutos

La **mosca de los frutos**, es la plaga que mayor impacto ocasiona a la producción frutícola. Según estimaciones, en nuestro país, a pesar del elevado número de aplicaciones de insecticidas (informe PROCEM, 2017) que se aplican para su control, las pérdidas anuales por daño directo oscilan entre el 15 y el 20%.

Cuando hablamos de mosca de los frutos nos referimos a dos géneros: *Ceratitis capitata* (mosca del Mediterráneo) (Imagen 7i) y *Anastrepha fraterculus* (mosca Sudamericana) (Imagen 7ii). Mientras que la mosca sudamericana ataca a unas 80 especies frutales (Jaldo et al., 2001), la mosca del mediterráneo produce daño en alrededor de 200 (Broughton et al., 2004). Ambas especies de dípteros, realizan perforaciones con su oviscapto en la epidermis al comenzar a colorearse los frutos (Imagen 8i), allí colocan los huevos y se desarrollan las larvas (Saini, 2000) (Imagen 8ii). Si bien muchas veces la fruta es cosechada con las larvas en su interior y el daño se detecta después de la cosecha, en general los frutos afectados caen al suelo (Imagen 9) donde las larvas se transforman en pupas y continúan allí su ciclo.



**Imagen 7.** i. *Ceratitis capitata* (mosca del Mediterráneo) ii. *Anastrepha fraterculus* (mosca Sudamericana) ovoponiendo en naranjas.



**Imagen 8.** Frutos de ciruela perforados por el adulto de mosca de los frutos.  
Foto () larvas en el interior del fruto, alimentándose de este



**Imagen 9.** Frutos caídos por el daño causado por las larvas de la mosca de los frutos (izq.), larva de mosca de los frutos (der.)

De las pupas emergen las moscas al alcanzar las condiciones óptimas de temperatura que se dan entre los 24 y 27 °C. Esta condición coincide con la época de maduración de los frutos de la mayoría de las especies frutales y como consecuencia se registran incrementos poblacionales que causan en las especies más susceptibles, hasta un 100% de pérdidas de frutos (Mareggiani, 2007) si no se realiza un manejo adecuado para minimizarlas.

En la provincia de Buenos Aires los adultos comienzan a detectarse desde noviembre en duraznos tempranos pasando por diferentes frutas como nectarinas, y ciruelas. Así las generaciones se suceden hasta comienzos del invierno registrándose en mandarinas tempranas, pomelos y naranjas de ombligo (Segade, 2013).

Esta plaga, además de los daños mencionados, causa pérdidas indirectas por las restricciones a la exportación y/o necesidad de aplicar tratamientos cuarentenarios u otras medidas, que representan incrementos significativos en los costos de comercialización. Si bien en algunas zonas del país como Patagonia, Mendoza, San Juan, NEA y Valles Calchaquíes - Salta, su presencia está controlada por la implementación del Programa Nacional de Control y Erradicación de Mosca de los Frutos, en donde el programa no tiene alcance los productores, deben recurrir fundamentalmente a tratamientos con insecticidas, siendo necesario efectuar varias aplicaciones durante el periodo de maduración de los frutos. Cabe destacar que en la actualidad hay muy pocas sustancias activas autorizadas por lo que basar el control en estas implica problemas tanto de tipo medioambiental como a nivel de riesgo de aparición de resistencias por parte de la plaga. Buscando ser más respetuosos con el medio ambiente y con la salud humana, durante los últimos años se han desarrollado diferentes métodos de manejo de la plaga, que son conocidos como métodos alternativos de lucha. Estos métodos no controlan en forma total la plaga, sino que constituyen una ayuda para bajar las poblaciones.

## Trampas

Algunos de estos se basan en el monitoreo a través de trampas que permiten identificar la presencia de adultos en el campo antes de que aumente el ataque. De esta forma el productor puede decidir la aplicación de un insecticida y en qué momento hacerlo. Las trampas se colocan en la sección noroeste del árbol y se revisan dos o tres veces por semana hasta cosechar la última variedad. Se recomiendan dos trampas por ha.

En el mercado existen

- a- Trampas del tipo Jackson (Imagen 10i): que constan de un papel pegajoso con un atractivo sexual que captura a los machos y se usa para la mosca del Mediterráneo.
- b- Trampas del tipo McPhail (Imagen 10ii): consiste en un recipiente con atrayente líquido alimenticio que permite la entrada de los adultos e imposibilita la salida de los mismos.



Imagen 10. i) Trampa tipo Jackson. ii) Trampa McPhail

Como alternativa se pueden armar trampas caseras reutilizando botellas (Imagen 11), se sugiere esta opción que ha dado buenos resultados:

- Realizar orificios de 6mm de diámetro en botellas plásticas translúcidas de 600 cc o 1 l.
- Colocar una franja de cinta adhesiva color amarillo alrededor de la misma.
- Rellenar hasta menos de la mitad con 1 mezcla de 1 parte de vinagre de vino y 3 de agua.
- Colgar en la cara NE de la copa del árbol.
- Cambiar el líquido cada 15 días.

La captura de 1 mosca por día en dos recuentos sucesivos o varias moscas en un sólo recuento ya es suficiente para actuar. Se pueden usarse cebos o aplicaciones totales Los productos fitosanitarios constituyen una herramienta eficaz y segura sólo si su uso está asociado a una actitud responsable.

Si no se desea usar agroquímicos se debe reforzar la cantidad de trampas para aumentar el número de capturas. Como mínimo 1 por árbol.



Imagen 11. Trampa casera para captura de mosca de los frutos

#### **Sistema de “Atracción y Muerte” para el Control de la Mosca Mediterránea de la Fruta (*Ceratitis capitata*)**

Últimamente ha aparecido en el mercado un dispositivo Magnet ® MED (imagen 12) que combina atrayentes y el agente insecticida en un dispositivo único de “atracción y muerte”.

Se trata de un dispositivo laminado con un sistema de enganche incorporado. Las superficies externas van impregnadas de insecticida. En el interior se encuentra una formulación de liberación controlada de los atrayentes específicos de *C. capitata*, los cuales se emiten a través de orificios laterales presentes en el dispositivo. Se trata de los atrayentes alimenticios **acetato amónico y trimetilamina**, ya empleados extensamente en Captura Masiva y acreditados como altamente específicos y potentes, características que maximizan la eficacia del producto.

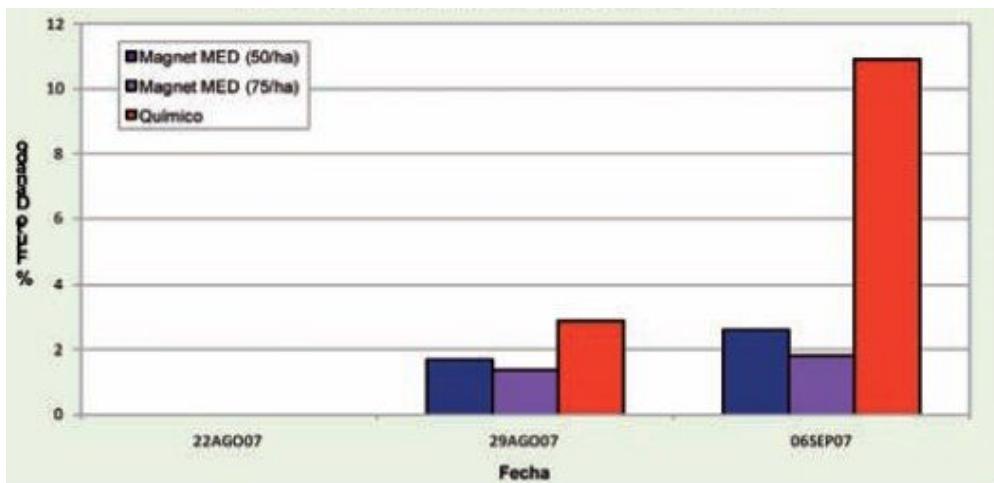


Imagen 12. Mosca en contacto con el dispositivo Magnet ® MED

El insecticida usado es la Deltametrina por poseer un elevado efecto choque, capaz de matar o incapacitar los adultos incluso después de un contacto muy corto; eficaz a muy bajas concentraciones, permitiendo minimizar la dosis de aplicación; perfil toxicológico favorable; y formulación estable y de elevada persistencia. Actualmente está permitido en agricultura ecológica en Europa (Directiva EU 2092/91) si se aplica en un dispositivo/trampa y no directamente en el cultivo (Martí S. 2011).

Se recomienda colocar 50 dispositivos por ha. En parcelas de cítricos y hasta 75 dispositivos por hectárea en frutales de carozo. Es importante instalarlo antes de que el fruto se encuentre susceptible al ataque de mosca, de manera que su persistencia cubra hasta pasado la fecha de recolección. Cuando las moscas quieren oviponer, ante un corto contacto con el dispositivo, (foto) mueren.

En el grafico 1 se presentan los resultados de un ensayo de campo realizado en zona de Puglia, comparando 2 dosis de Magnet® MED (50 y 75 dispositivos/ha) con una parcela de tratamiento químico convencional (que consistió en 1 sola aplicación con clorpirifos). El nivel de control es significativamente más elevado con Magnet ® MED, independientemente de la dosis de aplicación, que en la parcela química. Aunque se observó cierto efecto dosis, en este caso no hubo diferencias significativas en cuanto al nivel de eficacia alcanzado con 50 y 75 dispositivos/ha de Magnet® MED. (Martí, S. 2011)



**Grafico 1.** Porcentaje de fruto duraznero dañado tratadas en parcelas con diferentes tácticas de control en Puglia, Italia.

### Nuestra experiencia de manejo contra Mosca de la fruta implementando un sistema de biocontrol en monte ecológico

Esta herramienta se implementó en un monte con un manejo ecológico ubicado en el Parque Pereyra Iraola (imagen 12i). En el 2020 ante la detección de larvas de la mosca de Mediterráneo en las naranjas cosechadas, se decidió la utilización de esta nueva herramienta tecnológica. Así, en el año 2021 sobre media ha de cítricos, con anterioridad a la coloración de los frutos, se colocaron 25 dispositivos en la parte más alta de los árboles. Se eligieron ramas fuertes y bien iluminadas, orientadas hacia el N.E. (imagen 12ii).

Se estima que esta herramienta fue clave para el control de la mosca de los frutos ya que, si bien no se realizó una comparación con un testigo, el daño ocasionado por este insecto fue ínfimo. Sólo 2 frutos cosechados sobre 500 mostraron picaduras de insectos.

Su alta persistencia (5 meses) y la especificidad de sus atrayentes producen un efecto ambiental mínimo. Además, permite integrarlo fácilmente con la mayoría de las estrategias de lucha para el control de *C. capitata*.



**Imagen 12.** i) Parcela de cítricos con manejo agroecológico. ii) Dispositivo colocado antes de la coloración de los frutos (Fuente: Imágenes Propias).

### Enemigos naturales

Otra forma de disminuir el daño de esta plaga es favorecer la presencia de sus enemigos naturales, entre los que se mencionan los insectos como las avispas parasitoides *Ganaspis sp.*, diferentes especies del género *Opius*, *Biosteres longicaudatus* y *Pachycrepoidus vindemmiae* y los hongos entomopatógenos.

### Los hongos entomopatógenos como enemigos naturales

A sí mismo, los **hongos entomopatógenos**, constituyen un importante grupo de patógenos de insectos plaga. Algunas de las ventajas que presentan para ser utilizados en programas de control microbiano de insectos son: alta especificidad, dispersión natural, posibilidad de cultivo *in vitro* manteniendo la patogenicidad, inocuidad para vertebrados y la posibilidad de provocar un control permanente una vez establecidos en el ambiente. Otra ventaja importante que presentan estos patógenos es que la infección generalmente se produce por contacto, a través del tegumento de los insectos, no necesitando ser ingeridos por los mismos.

### Nuestra experiencia de utilización de hongos patógenos aislados de la Estación Experimental Julio Hirschoorn, para el control de *Ceratitis capitata* en frutales del género *Prunus*.

Con el objetivo de evaluar la utilización de hongos patógenos para el control de *C. capitata* se aislaron e identificaron cepas de hongos desde suelos de frutales del Género *Prunus* en la Estación Experimental de la FCAYF; se evaluó la patogenicidad de las cepas contra estados larvales de *C. capitata*. Las cepas fueron identificadas como *Metarhizium anisopliae* en base a

caracteres morfológicos (números de acceso CEP 679 y CEP 682). Los ensayos de patogenicidad fueron realizados utilizando las cepas de *M. anisopliae* CEP 679 y CEP 682 y dos cepas de *Beauveria bassiana* CEP 229 y CEP 436 provenientes de la colección de hongos del CEPAVE. Se aplicaron 150 µl de una concentración 1.107 con/ml por aspersión. Se utilizó un test de Chi-cuadrado para evaluar la mortalidad. La supervivencia de *C. capitata* fue analizada por el método de Kaplan-Meier y mediante el test de log rank se evaluó la existencia de diferencias entre los tiempos de supervivencia. Se registraron diferencias en el porcentaje de mortalidad entre los tratamientos y el control ( $\chi^2=123.4$ , df=4). Tanto *M. anisopliae* como *B. bassiana* fueron patógenos para *C. capitata*. *M. anisopliae* CEP 679 registró el mayor porcentaje de mortalidad (75%, N=30) diferenciándose del resto de las cepas. La supervivencia se redujo significativamente en los tratamientos en relación al control (Kaplan-Meier  $p < 0.05$ ). Las cepas de hongos entomopatógenos utilizadas tienen potencial para ser utilizadas como agentes de control biológico microbiano de *C. capitata* en prunoideas. Se destaca la utilización de las cepas de la especie *M. anisopliae* ya que presentaron una mayor mortalidad contra los estados larvales de *C. capitata* (Morelli et al., 2022) (tabla1).

**Tabla 1.** Mortalidad y supervivencia de larvas de *Ceratitis capitata*

Tratamiento	Grupo	Muertos	n	% mortalidad	SE
Testigo	A	0	135	0	0.0
229	B	40	135	30	3.9
436	C	80	135	53.3	4.2
679	D	101	135	75	3.7
682	Cd	94	135	69.6	4.0

### Medidas culturales

Limpieza: Tan importante como el monitoreo y las aplicaciones, es la eliminación de los frutos infestados. Se recomienda entererrarlos a más de 50cm de profundidad y cubrirlos con cal para asegurar la muerte de las larvas. Otras opciones consisten en: es sumergirlos en kerosene, congelarlos varios días, cocinarlos o molerlos y dárselos como alimento a los animales.

### Mallas de exclusión

Cada vez más extendido es el uso de barreras físicas como mallas anti-insectos. Presenta varias ventajas: permiten proteger también del ataque de pájaros y del granizo, y reducir las aplicaciones de insecticidas. Desde el 2007 en Francia, se viene desarrollando la técnica denominada Alt'Carpo.

Este método alternativo de protección se basa en el uso de redes para establecer una barrera física alrededor de los árboles. La técnica se puede dividir en dos configuraciones: Alt'Carpo de una sola fila o Alt'Carpo de una parcela.



**Imagen 13.** Ejemplos de sistemas de exclusión para frutales (Fuente: Imágenes Propias)

## Referencias

- Al-Hinai Y.K & Roper T. R (1999).** Temporal and Spatial Weed Control Effects on Tart Cherry Orchards HORTSCIENCE, VOL. 34(3).
- Bowen H.D.; Garner, T.H.; Vaughn, D.H. (1994).** Advances in soil-plant dynamics. In: *Advances in soil dynamics*. St. Joseph: ASAE, p.255-80.
- Broughton, S.; F de Lima.; Woods & Hoffmann H. (2004).** Manejo integrado de plagas de los frutales cítricos. p. 437-448. En: Árboles Frutales, Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento. Editor G. Sozzi. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina.
- Broughton, S.; F de Lima; Woods & Hoffmann H. (2004).** Control of Mediterranean fruit fly (Medfly) in backyards. Garden Note 24, Department of Agriculture and Food, Western Australia, Australia. 4pp.
- Domínguez, J., Aira, M., & Gómez-Brandón, M. (2009).** El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes: *Ecosistemas*, 18(2). Recuperado a partir de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/61>
- Draghi, L.; Jorajuria, D.; Cerisola, C., et al. (2005).** Resistência específica do solo de um pomar frutícola relacionada ao manejo entrelinhas e intensidade de tráfego. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.25, n.2, p.385-394.
- Elmore, C. (1989).** Vegetation management systems in almond orchards. *California Agricultural*, Berkeley, v.43, n.4, p.16-20.
- Funes, C.F.; Kirschbaum, D. S.; Escobar, L. I.; Heredia A. M. (2018).** La mosca de las alas manchadas: *Drosophila Suzukii*, Matsumura / 1a ed. – Famaillá, Tucumán: Ediciones INTA. Libro digital, PDF.
- Graetz, H. A., (1997).** Suelos y Fertilización. Traducido por: F. Luna Orozco. Trillas. México. 80 p. IV Jornadas Internacionales de Feromonas. Trampas, atrayentes y control biológico, págs. 66-67.

- Jaldo, H.E.; Gramajo M.C and Willink E. (2001).** Mass rearing of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae): a preliminary strategy. Florida Entomol.84; 716-718. Capítulo 14. Manejo integrado de plagas de los frutales cítricos. p. 437-448. En: Árboles Frutales, Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento. Editor G. Sozzi. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina.
- Leguizamón, E. S. (2012).** Sorgo de Alepo: Bases para su manejo y control en sistemas de producción. AAPRESID ISSN 350-5350.
- Mareggiani, G.; Arregui, C.; Pelicano, A. & Bertolaccini, I. (2007).** Capítulo 14. Manejo integrado de plagas de los frutales cítricos. p. 437-448. En: Árboles Frutales, Ecofisiología, Cultivo y Aprovechamiento. Editor G. Sozzi. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina.
- Marti, S. (2011).** Magnet® MED: Sistema de “Atracción y Muerte” para el Control de la Mosca Mediterránea de la Fruta (*Ceratitis capitata*) PHYTOMA España • Nº 230.
- McDermott, L.; Nickerson, L. (2014).** Cultural controls of spotted wing Drosophila in organic blueberry production. New York Fruit Quarterly 22: 25-27.
- Morelli, G.; Paglioni, F.; Castello, G.; Florio, M.; Manfrino, R. (2022).** Utilización de hongos patógenos para el control de ceratitis capitata en frutales del género prunus en argentina presentado en Jornadas Prunus sin Frontera.
- SÁNCHEZ, E. (1999).** Nutrición mineral de frutales de pepita y carozo. General Roca: INTA Estación Experimental Alto Valle de Rio Negro, 125 p.
- Saini, E. (2000).** Insectos y acaros perjudiciales a los cítricos y enemigos naturales. Agroediciones INTA. Buenos Aires. Argentina. 82 pp.
- Segade, G. (2013).** Estrategias de manejo integrado de plagas en montes de cítricos y duraznero - En: Curso Sanidad en Cultivos Intensivos 2013. Módulo 1: Desafíos del manejo sanitario en cultivos intensivos. - Editor/es: Francescangeli, N.; Mitidieri, M. - INTA EEA San Pedro. - Páginas/s: 31-35 - ISBN/ISSN: ISBN 978-987-679-292-9

# CAPÍTULO 10

## Evaluación de la calidad de frutos en producciones intensivas.

### Caso cultivo Arándanos

*María Pinciroli*

Sin dudas, a través de los diferentes capítulos de este libro se ha avanzado sobre técnicas sustentables para la producción de frutas y verduras sanas. A la hora de hablar de calidad, no podemos perder de vista lo que sucedió durante todo el proceso de producción, ya que la calidad de un producto se logra en el campo.

El tratamiento de los productos durante la cosecha, transporte y empaque es determinante para el mantenimiento de todos los atributos que se obtuvieron en el campo, a fin de no transformar un producto de excelentes características con destino al consumo en uno de descarte para industria, con la consecuente perdida económica que ello implica (Campana, 2007).

En este capítulo se pretende brindar los conceptos generales de calidad, tomando como ejemplo al fruto de arandano, para brindar herramientas de evaluación de este concepto tan importante a la hora de la producción de frutas y hortalizas de calidad.

### Calidad del fruto del arándano. Generalidades

El fruto de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es una baya pequeña de color azulado cubierta por una delgada capa de cera denominada pruina o bloom (Imagen 1). Los arándanos, considerados por muchos como el fruto más antiguo de la tierra, forman parte del grupo conocido como frutos del bosque. Han sido utilizados desde tiempos ancestrales para el tratamiento de distintas enfermedades como la gripe, el escorbuto y las infecciones urinarias. El arándano pertenece a la familia Ericacea, género *Vaccinium*, el cual engloba dos especies: arándano rojo (*Vaccinium oxycoccus*) y arándano azul (*Vaccinium corymbosum*). El arándano se caracteriza por poseer un bajo valor calórico y un gran contenido en agua (más del 80% del peso total del fruto). Si bien su aporte en macronutrientes no es destacable, su

calidad nutricional viene determinada por ser una buena fuente de fibra, vitaminas y minerales. Además, contiene diversos fitoquímicos, principalmente de naturaleza fenólica (Vázquez-Castilla et al., 2015).

La calidad del fruto está definida por una serie de atributos. La **calidad visible** se refiere a la apariencia de la fruta. Según la normativa vigente en el país, el fruto de arándano deberá presentar su color azul característico uniforme en el 100% de la superficie en destino (no se admiten coloraciones verdosas), presencia de cera (*bloom*) en más de un 90 % de la superficie determinada visualmente, ausencia de defectos (daño mecánico, pudriciones y materias extrañas) y firme al tacto. La vida útil del producto deberá ser de 25 días (SAGyP N° 201/2007-2015). La **calidad organoléptica** está determinada por un contenido adecuado de azúcares, ácidos y compuestos volátiles responsables del aroma característico de la fruta (Defilippi et al., 2013). La **calidad nutritiva** se refiere, fundamentalmente, a la composición química de los frutos, destacándose su alta concentración en vitamina C, fenoles y antioxidantes, compuestos bioactivos que actúan sobre los radicales libres, contribuyendo a la prevención de enfermedades de origen oxidativo (Anticona et al., 2022).



**Imagen 1.** Frutos de arándanos maduros (bayas) Foto: Morand F.

Los arándanos deben cosecharse cercanos a la madurez de consumo, ya que los atributos organolépticos (sabor) no mejoran después de la cosecha. Debido al pequeño tamaño de la fruta, que se traduce en una mayor relación entre área superficial y volumen, los arándanos son más susceptibles a la pérdida de agua o deshidratación. Pero a la vez tienen la ventaja de poder enfriarse en menos tiempo y así disminuir rápidamente la tasa de respiración. Asimismo, la capa de cera que recubre la epidermis, contribuye a disminuir la pérdida de agua ya que la piel de la fruta es delgada y muy susceptible al daño mecánico y la deshidratación (Defilippi et al., 2013).

A continuación, se desarrollarán los parámetros de calidad: peso de fruto fresco, diámetros ecuatorial y polar, sólidos solubles totales, acidez titulable total, pH, firmeza, contenido de fenoles y sus factores de variación agrupados en material genético, precosecha o manejo del cultivo, momento de cosecha, poscosecha y refrigeración.

## Peso de fruto fresco

El tamaño del fruto es uno de los principales atributos ya que define, no solo la calidad, sino el rendimiento. Generalmente se determina contando los frutos presentes en una muestra de aproximadamente 120 gramos con una balanza digital con la mayor precisión posible y se expresa en gramos (g). Algunos factores que tienen influencia sobre el peso de fruto fresco son:

## **Material genético**

El peso del fruto tiene una fuerte influencia genética. Existen diferencias significativas en el peso del fruto entre variedades. En variedades medias como Legacy o Elliott el peso medio de fruto puede ser de 1,5 g, en variedades tipo Duke o Aurora 1,8 g/fruto y en las de tipo Chandler puede superar los 2 g/fruto. La variedad O’Neal es una variedad de fruta grande (García Rubio *et al.*, 2018).

## **Manejo del cultivo (precosecha)**

La producción de arándanos en invernaderos protegidos o túneles plásticos se ha extendido en los últimos años porque impide daños por heladas de primavera durante las etapas de floración y fructificación, así como daños por lluvia durante la cosecha. En ensayos bajo túnel, realizados con la variedad O’Neal, no se han observado diferencias en peso fresco de fruto (Retamal-Salgado *et al.*, 2015), tampoco en ensayos realizados en nuestra facultad en las variedades O’Neal, y Misty (Díaz *et al.*, 2021). Las aplicaciones de calcio (Lobos Manríquez *et al.*, 2011) y las fertilizaciones foliares realizadas con Nutrifert® etiqueta amarilla (al 1%) más Nutrifert® etiqueta verde (al 1%) en las variedades O’Neal y BlueChip no modificaron el peso de fruto (resultados propios aun no publicados). Contrariamente, el tratamiento con el bioestimulante, Kelpak® (concentrado líquido del alga marina *Ecklonia máxima*, obtenida de la costa suroeste de África del Sur, que presenta un alto contenido de auxinas y relativamente bajo contenido de citoquininas, BASF®) produjo un aumento en el peso promedio de las bayas de la variedad Misty con respecto al testigo (Da Rosa, 2011).

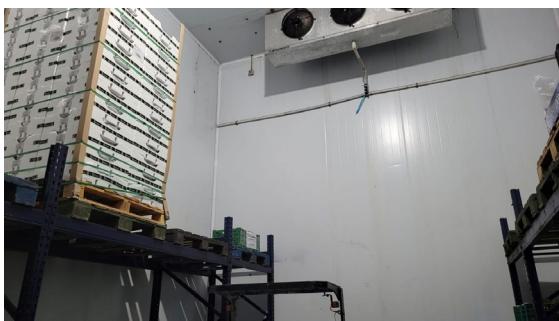
## **Momento de cosecha**

Díaz *et al.* (2021) observaron una disminución del peso del fruto desde la primera cosecha hasta la última en las variedades Misty y O’Neal bajo túnel y a la intemperie en un ensayo realizado en nuestra facultad. En otro ensayo, también realizado en la estación experimental de la facultad, el peso promedio de las variedades O’Neal y Bluechip disminuyó en las últimas dos fechas de las 6 cosechas realizadas semanalmente durante el año 2018. Estos resultados coinciden con diferentes autores como Milivojevic *et al.* (2016) que han observado reducciones entre 33,6 % y 19,8% del peso inicial según años productivos estudiando dos variedades Duke y Bluecrop en Serbia y Zorenc *et al.* (2016) estudiando tres variedades (Bluecrop, Jersey, Earliblue) en dos localidades de Turquía. Kumudini (2004), por su parte, observó que, en la primera fecha de cosecha, las bayas eran de 16% (Bluecrop) a 53% (Earliblue) más grandes que en la última fecha de recolección, mientras que Castrejón *et al.* (2008) observaron una disminución promedio del 12% en el peso del fruto de cultivares seleccionados a lo largo de las sucesivas cosechas. Esta reducción generalizada del peso de las bayas durante las cosechas sucesivas puede estar potencialmente relacionado con las altas temperaturas y el aumento de la radiación solar al final de la temporada de cosecha, lo que afecta el estado hídrico de la planta y reduce la fotosíntesis (Kumudini, 2004), o podría deberse a una utilización progresiva de las reservas de la planta que posee escaso follaje

fotosintéticamente activo en el momento de fructificación y desarrolla el fruto a expensas de los fotoasimilados acumulados.

### **Poscosecha-refrigeración**

La fruta una vez cosechada debe colocarse inmediatamente en un lugar sombrío y fresco, así lo demuestra un ensayo realizado en la estación experimental de nuestra facultad. Se evaluaron muestras de frutos que permanecieron 6 horas en el campo antes de ser conservados en cámara y muestras de frutos que se refrigeraron inmediatamente después de cosechados. Según lo observado por Ledesma *et al.* (2021), en las dos variedades estudiadas O'Neal y Misty, el peso fresco de los frutos que permanecieron en el campo antes de ser refrigerados disminuyó un 18% respecto al valor inicial. Posiblemente esto se deba a la des-



**Imagen 2.** Cámara de refrigeración Foto:  
Florio M.

hidratación por las elevadas temperaturas durante el tiempo de permanencia en el campo poscosecha.

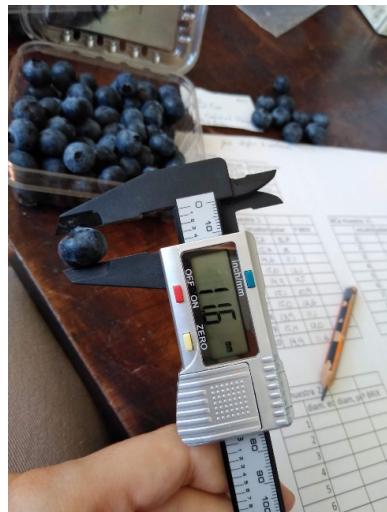
El proceso de refrigeración también produce una disminución del peso del fruto por respiración y deshidratación (Imagen 2). Estudios realizados por Angeletti *et al.* (2010) sobre las variedades Bluecrop y O'Neal, muestran que aplicaciones de calcio pueden disminuir la pérdida de peso

durante el almacenaje en cámara (en este caso fueron 23 días a 2 °C). Según estos investigadores, los iones de calcio aumentan la estabilidad de las paredes celulares al unirse a las pectinas no esterificadas, reduciendo el flujo de agua. Además, el calcio juega un rol importante estabilizando las membranas celulares.

### **Diámetro ecuatorial y polar**

Se entiende por diámetro polar la distancia que existe entre la cicatriz pedicular y la cicatriz calicinar del fruto. Se mide utilizando un calibre digital y se expresan en mm (Imagen 3). El cociente entre ambos diámetros representa el índice de redondez del fruto.

Las normas de comercialización establecen dos calibres según el máximo diámetro ecuatorial (expresado en mm): entre 9 a 12 y mayor a 12 con una tolerancia de un 5% por bandeja de frutos de tamaños dispares (SAGyP Nº 201/2007-2015). El peso del fruto podría correlacionarse de forma positiva y significativa con el diámetro ecuatorial (datos aún no publicados).



**Imagen 3.** Calibre digital  
Foto: Morand F.

### Manejo del cultivo (precosecha)

Fertilizaciones foliares realizadas Nutrifert® etiqueta amarilla (al 1%) más Nutrifert® etiqueta verde (al 1%) no modificaron el diámetro ecuatorial ni el polar de los frutos en las variedades O' Neal y BlueChip. La aplicación foliar de Acetato de Calcio, en la variedad O' Neal, incrementó el diámetro ecuatorial en un 5% y el polar en un 2,8% mientras que la aplicación de Acetato de Potasio lo hizo en un 7,4 y 4% respectivamente con respecto al testigo (Morand *et al.*, 2022).

### Sólidos solubles

El contenido de los sólidos solubles es el total de los sólidos disueltos en el agua, incluye azúcares, sales, aminoácidos libres, ácidos, etc., y la medida leída con refractómetro de mano es la suma de todos ellos (Imagen 4). No obstante, se sabe que los azúcares predominantes en los frutos de arándanos son glucosa, fructosa y se han detectado trazas de sacarosa (Milivojevic *et al.* 2012).



**Figura 4.** Refractómetro manual, Foto: Morand F.

Se determina sobre el jugo de la pulpa del fruto maduro y el resultado se expresa como porcentaje de sólidos solubles (%SS) o °Brix (grados brix). Es así que 1 °Brix representa 1% de sólidos solubles (también puede expresarse como g de azúcar. $\text{kg}^{-1}$  de fruta fresca). La lectura es

directa y se realiza sobre la escala del instrumento que tiene un rango de medición 0 a 32%. El funcionamiento del refractómetro se basa en las variaciones que experimenta la refracción de la luz al atravesar un líquido en función del contenido de sustancias disueltas en él.

Procedimiento: Se limpia y seca cuidadosamente la tapa y el prisma del refractómetro antes de comenzar la medición con papel tisú. Se colocan 1-2 gotas de la sustancia a medir sobre el prisma del refractómetro, se cierra la tapa suavemente para que la muestra se reparta homogéneamente entre la tapa y el prisma. Se recomienda utilizar un gotero y poner la sustancia a medir sobre el prisma evitando que se formen burbujas de aire, ya que esto distorsiona el resultado correcto de la medición. Luego se orienta el equipo hacia una fuente de luz para ver la escala a través del ocular. El valor a leer es la línea límite claro / oscuro visualizada en la escala. Se puede girar el ocular suavemente para ajustar y precisar la escala. Por último, después de cada medición, se limpia y seca cuidadosamente el prisma y la tapa para evitar que queden restos que se sedimenten y puedan afectar futuras mediciones.

Según la normativa vigente en nuestro país el contenido de azúcares mínimo en frutos de arándano frescos es 7° Brix, determinado refractométricamente (SAGyP Nº 201/2007-2015). El contenido de azúcares de los frutos influye en gran medida en el sabor, y este parámetro de calidad puede variar según el material genético, época de cosecha, madurez a cosecha y manejo del cultivo entre otros.

### **Material genético**

El contenido de sólidos solubles totales depende de la variedad y del momento de cosecha (Zapata *et al.*, 2013). El rango de variación para la variedad Emerald fue entre 11,1 y 12,4°Brix Jewel, 10,8 y 12,1°Brix; Misty, 12,1 y 14,0°Brix; O’Neal 10,8 y 12,4°Brix y Snowchaser, 8,9 y 12,4°Brix.

### **Manejo del cultivo (precosecha)**

Fertilizaciones foliares realizadas con Nutrifert® etiqueta amarilla (1%) más Nutrifert® etiqueta verde (1%) produjeron un incremento en el contenido de SS de 11,7 a 12,2 °Bx en las muestras sin fertilizar y fertilizadas respectivamente (en promedio de dos variedades O’Neal y BlueChip) (Martínez *et al.*, 2019). En otro ensayo realizado también en la estación experimental de nuestra facultad sobre la variedad O’Neal con aplicación foliar de acetato de calcio y de acetato de potasio se observó un incremento del contenido de SS en un 9,5% y un 11,9% respectivamente con respecto al testigo (Morand *et al.*, 2022). La poda afectó significativamente el porcentaje de sólidos solubles en la variedad Brigitta, observándose una mayor concentración en los tratamientos de mayor intensidad de poda (75%), correspondientes a 12,2%, y el menor porcentaje se obtuvo en los tratamientos sin poda correspondientes a 10,7 % (Muñoz *et al.*, 2017). Jorquera-Fontana *et al.* (2014) estudiando el efecto de la intensidad de la poda en la variedad Brigitta, encontraron resultados similares. Gündüz *et al.* (2015) observaron diferencias en el contenido de SS del cultivar Brigitta de un año a otro con valores de 12,9 y 14,2%, para las temporadas 2010 y 2011 respectivamente.

### **Momento de cosecha**

En un ensayo realizado en el monte de la estación experimental de nuestra facultad con las variedades O’Neal y BlueChip durante el periodo 7/11/18 al 12/12/18, el contenido de SS aumentó desde la primera a la última de las 6 cosechas realizadas semanalmente (Martínez *et al.*,

2019). Esto podría deberse al efecto del aumento de la temperatura del aire durante el periodo de madurez del fruto. Este resultado coincide con Milivojevic *et al.* (2012), quienes observaron que el contenido de azúcares individuales y totales aumentó durante las cosechas sucesivas, a excepción del cultivar Jersey.

### **Poscosecha y refrigeración**

Liu *et al.* (2019) observaron un aumento del contenido de SS con la conservación de la fruta en cámara durante 50 días a 0°C y 90% de humedad. Este aumento fue de 10,49 a 11,02 °Bx, en la variedad Sierra y de 11,32 a 11,66 °Bx en BlueCrop. Angeletti *et al.* (2010) encontraron un aumento del contenido de azúcares después de 23 días de refrigeración a 2°C en la variedad O'Neal con valores de 11,2 a 13,5 %, no encontrando diferencias en la variedad BlueChip (11,1 y 11,4 %).

### **Acidez**

El ácido cítrico es el ácido orgánico más abundante en todas las muestras de arándanos, seguido por ácido quínico. Estos dos ácidos combinados representaron aproximadamente el 97% del total de ácidos orgánicos en frutos de arándanos. El ácido málico representó menos del 3% de ácidos orgánicos totales, mientras que del ácido shikímico, solo se detectaron trazas (Milivojevic *et al.*, 2012; Mikulic-Petkovsek *et al.*, 2012).

La acidez del fruto se puede medir con pH-metro o por titulación con una base débil (OHNa 0,1 N).

Existen a la venta pH-metros de bolsillo exclusivos para arándanos, aunque puede utilizarse cualquier pH-metro. El pH-metro puede estar equipado con sonda de temperatura para estandarizar la determinación. Para la determinación del pH debe enjuagarse el electrodo de pH y la sonda de temperatura con agua destilada, sumergirlos en el jugo diluido 1:10 (v/v), eliminar las burbujas de aire atrapadas alrededor de la sonda sacudiendo o agitando la sonda y leer (Liu *et al.*, 2019).

### **Acidez Titulable Total (ATT)**

La otra forma es por titulación o valoración con OHNa 0,1 N hasta pH 8,1-8,2 utilizando fenolftaleína como indicador (AOAC, 1980). Los valores se expresan en porcentaje de ácido cítrico (ácido mayoritario en el arándano).

Para su determinación se macera en un mortero una muestra exactamente pesada de frutos frescos (Imagen 6). Se diluye y se vierte el material triturado en un Erlenmeyer agregando agua destilada, se agregan gotas de fenolftaleína y se titula con OHNa 0,1 N hasta viraje de color del indicador. El valor de ATT se calcula según la siguiente fórmula:



**Imagen 6.**  
Determinación de ATT.  
Foto: Pincioli M.,

$$\text{Acidez titulable} = \frac{A \times B \times C \times 1000}{D}$$

Siendo:

A = cantidad de base o NaOH (hidróxido de sodio) gastado, en mL;

B = normalidad de la base (NaOH) usada en la titulación (0,1 N);

C = 0,064 = peso equivalente expresado en gramos del ácido predominante de la fruta que en arándanos es el ácido cítrico (PM/3)

D = peso de la muestra en gramos

Algunos factores que tienen influencia sobre la acidez del fruto son:

### **Material genético**

Se detectaron cambios significativos en valores de pH del jugo entre variedades y entre localidades (Zorenc *et al.*, 2016).

### **Manejo del cultivo (precosecha)**

En estudios realizados en el monte de la estación experimental de nuestra facultad sobre la variedad O'Neal, se observó que el valor de ATT en las muestras con aplicación foliar de acetato de potasio fue mayor en un 33% que en el testigo, mientras que la fertilización con acetato de calcio no produjo modificaciones en este parámetro. Angeletti *et al.*, 2010 tampoco encontraron modificación en la acidez con la aplicación de Ca.

El tratamiento de poda produjo diferencias significativas observándose la mayor acidez en el tratamiento sin poda y la menor acidez en los tratamientos con mayor intensidad de poda (Muñoz *et al.*, 2017).

### **Momento de cosecha**

El contenido total de ácidos orgánicos disminuyó entre un 19% (Bluecrop) y 69% (Earliblue) desde la primera hasta la última fecha de cosecha, en todas las variedades estudiadas a excepción de Jersey. Contrariamente, Bolling *et al.* (2015) no detectaron cambios significativos en valores de pH del jugo durante las 7 semanas de cosecha (Zorenc *et al.*, 2016).

### **Poscosecha y refrigeración**

En un ensayo realizado sobre el monte de arándanos de la estación experimental de nuestra facultad, el valor de ATT resultó mayor al momento de cosecha que después de 21 días de conservación en cámara a 1°C y 90% de HR% en la variedad O' Neal. Resultados similares fueron observados por Kalt *et al.* (1996) y Angeletti *et al.* (2010), este último estudiando la variedad O'Neal 23 días en cámara a 2°C. Según Liu *et al.* (2019), el aumento del tiempo de almacenamiento resultó en un aumento del pH (disminución de la acidez) siendo mayor en la variedad Sierra (de 3,26 a 4,25) que en Bluecrop (de 3,45 a 4,39) manteniendo la fruta en cámara durante

50 días a 0°C y 90% de humedad. Según Defilipi *et al.*, (2020), esto puede explicarse ya que los ácidos son utilizados como sustratos preferenciales en el proceso de respiración celular.

## Ratio

El ratio es la relación azúcar/ácido, que contribuye a dar a las frutas su sabor característico y que se utiliza como índice de dulzura.

Liu *et al* (2019), observaron un menor ratio al inicio de la cosecha, indicando un sabor más dulce de las bayas recolectadas en las últimas fechas de muestreo. Estos cambios en el contenido de azúcares totales y ácidos orgánicos durante el período de cosecha son comparables a los resultados obtenidos por Siriwoharn *et al.* (2004) y por Mikulic-Petkovsek *et al.* (2012).

## Firmeza

Además del SST y el pH, la firmeza de la fruta es una de los atributos de calidad más importantes que influyen en la aceptabilidad por parte de los consumidores de arándanos frescos (Liu *et al* 2019). Los cambios en la firmeza de los arándanos ocurren debido a cambios en la química de los componentes primarios de la pared celular (pectina soluble en agua, la celulosa y las hemicelulosas) que ocurren durante el crecimiento y el desarrollo o el almacenamiento poscosecha haciéndola cada vez más blanda (Chen *et al.*, 2017; Deng *et al.*, 2014; Giongo *et al.*, 2013). La firmeza de la baya afecta la vida útil de la fruta y está relacionada con la comercialización, la aceptación del consumidor y la pudrición de la fruta después de la cosecha (Retamal-Salgado *et al.*, 2015). Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación Argentina el protocolo de calidad para arándanos frescos señala como requisito de calidad diferenciada que las bayas deben tener la condición de fruta firme al tacto (SAGPYA, 2015).

Las metodologías existentes se basan en mediciones de la fuerza de punción, de penetración o de deformación de la fruta (Bof *et al.*, 2018). El estudio de la firmeza sienta las bases para el análisis más exhaustivo de ciertos procesos metabólicos como la dinámica de la pared celular y el metabolismo de aminoácidos y de carbohidratos, a fin de poder generar indicadores bioquímicos vinculados al aumento de la vida útil del fruto.

En general, se determina la firmeza de la fruta mediante una prueba de punción con un tex-turómetro. Este instrumento ejerce una presión sobre el fruto hasta el corte, momento en el que el fruto se perfora. Se ajusta el diámetro de la sonda cilíndrica que ejerce la presión (puede ser de 2 o de 3 mm), la velocidad (0,5 o 1,0 mm·seg<sup>-1</sup>), la fuerza gatillo (0,058 N) y la distancia total de recorrido. Se grafica un perfil de fuerza en función de la distancia. En la curva tipo se observa, inicialmente, un rápido ascenso de la fuerza, en esta etapa, la fruta se deforma por acción de la fuerza aplicada pero la sonda no penetra los tejidos, luego la fuerza máxima corresponde a la fuerza necesaria para penetrar el fruto y se conoce como punto de ruptura (Zapata *et al.*, 2010).

Una vez perforada la piel, la fuerza desciende marcadamente, lo cual demuestra que la sonda alcanzó la pulpa. Se cuantifica la presión máxima y el área bajo la curva (Bof *et al.*, 2018).

### **Manejo del cultivo (precosecha)**

Según numerosas experiencias las aplicaciones de calcio en suelo, foliar e incluso en poscosecha produciría un aumento de la firmeza del fruto. Estudios realizados por Lobos-Manríquez *et al.* (2011) evaluaron durante dos años consecutivos la variedad Elliot sometida a seis tratamientos diferentes con Ca. En todos los casos las muestras tratadas superaron en la firmeza al testigo. El rango de valores estuvo entre 0,66 y 0,72 libras.pulgada<sup>-2</sup>. Estos estudios coinciden con los realizados por Flores (2004) y por Rubilar (2004), los cuales señalan que aplicaciones de calcio en precosecha mejoran la firmeza del fruto. Contrariamente Hanson (1995) citado Lobos-Manríquez *et al.* (2011) no encontró un aumento en la firmeza de frutos de arándano variedad Bluecrop al ser asperjados con cloruro de calcio. Hanson *et al* (2004) tampoco encontraron diferencias con aplicaciones de Ca en ensayos realizados durante 5 años.

Retamal-Salgado *et al.*, (2015) observaron que el microclima generado por el túnel no produjo diferencias en la firmeza en frutos de la variedad O'Neal'. Angeletti *et al* (2010) encontraron diferentes resultados en los tratamientos con Ca en precosecha según las variedades. O'Neal respondió en forma positiva al tratamiento mientras que Bluecrop no modificó su firmeza en frutos recién cosechados. Según Stuckrath *et al.* (2008) aplicaciones de calcio foliar, a partir de 1 mes después de la floración, son efectivos para prevenir la pérdida de firmeza.

### **Poscosecha y refrigeración**

Hanson *et al.* (1993) encontraron mayor firmeza en frutos de arándano al sumergirlos en soluciones de calcio, en poscosecha. Frutos tratados con Ca (0,06 kg m<sup>-2</sup> de CaSO) mejoraron su firmeza luego de 23 días a 2°C en las variedades O' Neal y Bluecrop (Angeletti *et al.*, 2010).

## **Metabolitos secundarios**

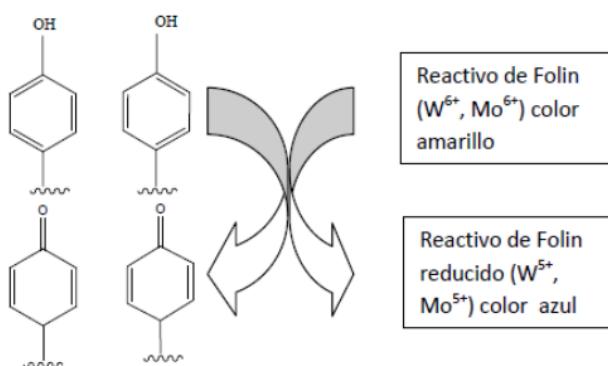
El fruto del arándano tiene alta concentración de compuestos bioactivos, muy valorados por sus beneficios en la salud. Dentro de estos están los polifenoles, incluyendo antocianinas, ácidos fenólicos, taninos, carotenoides, vitaminas A, C, E, ácido fólico y minerales como el calcio, selenio y zinc. Los compuestos fenólicos constituyen una de las principales clases de metabolitos secundarios de los vegetales, desempeñando diversas funciones fisiológicas. Se trata de compuestos que intervienen en el crecimiento y reproducción de las plantas, así como en procesos defensivos frente a situaciones de estrés (agentes patógenos, depredadores o radiación ultravioleta). La actividad biológica de los polifenoles está relacionada con su carácter antioxidante, debido a su habilidad para quitar metales, inhibir la actividad de la enzima lipooxigenasa y actuar como atrapadores de radicales libres (García Martínez *et al.*, 2022).

Los compuestos polifenólicos presentan en su estructura química uno o más anillos de benceno y uno o más grupos hidroxilados con algún elemento común, como los grupos funcionales de ésteres, ésteres de metilo, glicósidos, etc. Se trata de moléculas muy reactivas que normalmente se encuentran combinadas con azúcares, como la glucosa, galactosa, arabinosa, ramosa, xilosa o los ácidos glucorónicos y galacturónicos. También pueden unirse con ácidos carboxílicos, ácidos orgánicos, aminoácidos y lípidos. Aunque pueden encontrarse distintas clasificaciones de polifenoles, dependiendo de su complejidad química, pueden agruparse en ácidos fenólicos ( $C_6-C_1$ ) flavonoides, y antocianinas ( $C_6-C_3-C_6$ ) y, polifenoles de distinta naturaleza (Vázquez-Castilla *et al.*, 2015; García Martínez *et al.*, 2022).

Estos compuestos se pueden determinar como fenoles totales mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999) o en forma individual mediante análisis de **HPLC** (High-Performance Liquid Chromatography).

### Folin-Ciocalteu

Los análisis del tipo Folin-Ciocalteu son simples y requieren solo equipos comunes. Se utiliza como medida del contenido en compuestos fenólicos totales en productos vegetales. El ensayo mide todos los compuestos fácilmente oxidables en las condiciones de reacción. Se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 765 nm (Imagen 8). Este reactivo contiene una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico y reacciona con los compuestos fenólicos presentes en la muestra. El ácido fosfomolibdotungstico (formado por las dos sales en el medio ácido) de color amarillo, al ser reducido por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul, cuya intensidad es la que se mide para cuantificar el contenido en polifenoles (García Martínez *et al.*, 2022).



**Imagen 8.** Mecanismo de reacción del reacción de Folin-Ciocalteu,  
Fuente: García Martínez *et al.*, 2022

El fundamento del método se expresa en la imagen 8. El grupo funcional alcohol del fenol se oxida a cetona y los metales pesados se reducen de  $W^{+6}$  y  $M^{+6}$  a  $W^{+5}$  y  $M^{+5}$ .

Primeramente, se realiza la extracción de los fenoles del fruto con metanol. Se adiciona NaF para inactivar la enzima polifenol oxidasa y prevenir la degradación de los polifenoles durante el ensayo. Se añade el de Folin-Ciocalteu

(Sigma-Aldrich, Estados Unidos). Las muestras se homogeneizan en un vortex y después de unos minutos se añade  $Na_2CO_3$  para alcalinizar el medio. Los tubos se homogenizan nuevamente y se incuban a 20 °C durante 1 hora al resguardo de la luz. Se realiza la lectura en un espectrofotómetro a 765 nm. Muchos autores proponen variantes en cuanto al solvente de extracción. Castrejón *et al.* (2008) utiliza metanol acidificado (0,1% ácido clorhídrico), mientras Munteanu y Apetrei (2021),

extractos etanólicos. Para la cuantificación del contenido de fenoles totales, se realiza una curva patrón de calibración con ácido gálico (absorbancia en función de concentraciones conocidas de ácido gálico) y la concentración presente se expresa como equivalentes de ácido gálico cada 100 g peso fresco de arándanos.



**Imagen 9.** HPLC/MS Triple Cuadrupolo  
Foto: Pincioli M.

**HPLC.** La cromatografía líquida de alta resolución, HPLC (High-Performance Liquid Chromatography), es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla (Imagen 9). Consiste en una fase estacionaria no polar (columna) y una fase móvil. La fase móvil actúa como portador de la muestra que es inyectada en la columna. Los componentes de la solución emigran de acuerdo a las interacciones no-covalentes de los compuestos. Estas interacciones químicas, determinan la separación de los contenidos de la muestra.

El contenido de fenoles totales en arándanos puede variar según el modo de cultivo, las condiciones medioambientales y el estado de madurez del fruto (Remberg *et al.*, 2006).

### Material genético

Existen diferencias significativas en el contenido fenólico y la actividad antioxidante, entre variedades y entre especies de *Vaccinium* (Castrejón *et al.*, 2008). En términos generales las variedades de arándanos silvestres presentan mayor contenido de fenoles totales que las cultivadas (Vásquez-Castilla *et al.*, 2015). En un estudio realizado sobre 135 clones de arándanos silvestres, se encontró una variación en el contenido de fenoles en un rango de aproximadamente 3,5 veces (Kalt *et al.*, 2001). Estudios realizados en el monte de arándanos de facultad, la variedad Georgia Gem presentó mayor contenido de fenoles, luego BlueChip y por último Reveille y O'Neill, sin diferenciarse entre sí, con valores medios de 197,6; 145,9; 117,0 y 111,85 miliequivalentes de ácido gálico en 100 g peso fresco respectivamente (Beltramino *et al.*, 2020).

### Precosecha y manejo del cultivo

Las condiciones ambientales (temperatura, humedad, radiación, fertilidad del suelo) pueden variar notablemente de un año a otro y afectar el contenido de componentes fenólicos (Karl *et al.*, 2001). Ochmian *et al* (2009) sostienen que el tipo de sustrato utilizado en los cultivos de arándano determina en gran medida la composición nutricional y funcional, afectando especialmente el contenido en fenoles totales y el porcentaje de antocianos. Karl *et al.* (2001) observaron un 30% de diferencia en el nivel de antocianinas entre dos años de estudio.

### Momento de cosecha

Las etapas de madurez produjeron una variación en contenido de antocianinas desde casi 0 en la fruta menos madura hasta alrededor de 9 mg de equivalentes de 3-glucósido de cianidina por gramo de peso fresco en la fruta más madura (Karl *et al.*, 2001). Łata *et al.* (2005) observaron

una influencia significativa de fechas de cosecha dentro de la misma temporada en el nivel de compuestos fenólicos en arándanos. En un trabajo realizado por Zorenc *et al.* (2016) el contenido total de antocianinas del cultivar Bluecrop y Jersey aumentó desde la primera hasta la tercera fecha de cosecha. Bolling *et al.* (2015) observaron un mayor contenido de antocianinas en las primeras 5 semanas de maduración que disminuyó en los muestreos posteriores.

### **Refrigeración y poscosecha**

La refrigeración a 0°C durante 23 días incrementó el contenido de antocianinas en las variedades O'Neal y Bluecrop (Angeletti *et al.*, 2010). Coinciendo con estos resultados, Kalt and McDonal (1996) observaron un aumento del 18% en el valor de las antocianinas después del almacenamiento refrigerado.

## **Referencias**

- Angeletti, P., Castagnasso, H., Miceli, E., Terminiello, L., Concellón, A., Chaves, A., Vicente, A.R. (2010)** Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties. Postharvest Biology and Technology, 58, 98–103.
- Anticona, M. L., Frigola, A., Esteve, J. (2022)**. Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados <https://docplayer.es/68226492-Determinacion-de-polifenoles-totales-en-arandanos-y-productos-derivados.html pag 13-19>. Fecha de consulta: 27/10/2022.
- AOAC (1980)**. Official Methods of Analysis, 13th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, p. 359.
- Beltramino, N., Di Lillo, G., Pincirolli, M., Hasperué, J., Rodriguez, M. (2020)**. Caracterización en contenido de fenoles y azúcares totales en distintas variedades de Arándanos cultivados en La Plata. *Investigación Joven*, 6(2), 44. Recuperado a partir de <https://revis tas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/9552>
- Bof M. J., Garcia, M. A., Locaso, D. E. (2018)**. Estrategias para preservar arándanos utilizando Envases Biodegradables <https://core.ac.uk/download/pdf/248022698.pdf>
- Bolling B.W., Taheri R., Pei R., Kranz S., Yu M., Durocher S.N., Brand M.H. (2015)**. Harvest date affects aronia juice polyphenols, sugars, and antioxidant activity, but not anthocyanin stability. Food Chem, 187: 189-196.
- Campana, B. M. R. (2007)**. Índices de madurez, cosecha y empaque de frutas. En G. O. Sozzi, *Arboles Frutales: Ecología, cultivo y aprovechamiento* (59 pp). Editorial Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Castrejón, A.D.R., Eichholz, I., Rohn, S., Kroh, L. W., Huyskens-Kei,I S. (2008)**. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. Food Chem 109: 564-572.

- Chen, Y.H., Hiung, Y.C., Chen, M.Y., Lin, H.T. (2017).** Effect of acidic electrolyzed oxidizing water on retarding cell wall degradation and delaying softening of blueberries during post-harvest storage. *LWT Food Sci Technol* 84:650-657.
- Da Rosa (2011).** Evaluación de los reguladores de crecimiento hormonal CPPU y Kelpak como alternativa de manejo para incrementar el tamaño de fruta en el cultivo de arándanos. Tesis de grado Universidad de la República.
- Defilippi B., Robledo P., Becerra C. (2020).** Manejo de cosecha y postcosecha en arándano. En Manuel del arándano pp 107-115
- Deng, J., Shi, Z., Li, X., Liu, H. (2014).** Effects of cold storage and 1-methylcyclopropene treatments on ripening and cell wall degrading in rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) fruit. *Food Science and Technology*, 75:1-12.
- Díaz, C., Pinciroli, M., Morelli, G., Martínez, S. B., Garbi, M. (2021).** Modificación del ambiente y su efecto sobre la calidad de fruto fresco en arándanos (*Vaccinium corymbosum*) en La Plata. Libro de Resúmenes del 41º Congreso Argentino de Horticultura. Libro de Resúmenes p. 170.
- Flores, A. (2004).** Efecto de aspersiones de tres productos a base de calcio en precosecha sobre la calidad postcosecha de frutos de arándano c.v. Berkeley. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de Chile. Santiago. 26 p.
- García Martínez, E., Fernández Segovia, I., Fuentes López, A. (2022).** Determinación de polifenoles totales por el método de Folin Ciocalteu <https://riu-net.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia%20Mart%C3%ADnez%20et%20al.pdf?sequence=1> Fecha de consulta: 27/10/2022
- Giongo, L., Poncetta, P., Loret, P., Costa, F. (2013).** Texture profiling of blueberries (*Vaccinium*) during fruit development ripening, and storage. *Postharvest Biol. Technol.* 76:36-39
- Gündüz, K., Serçe S., Hancock J.F. (2015).** Variation among highbush and rabbiteye cultivars of blueberry for fruit quality and phytochemical characteristics. *J. Food Compos. Anal.* 38: 69-79.
- Hanson, E., Beggs, J., Beaudry, R. (1993).** Applying Calcium Chloride Postharvest to Improve Highbush Blueberry Firmness. *HortSci* 28(10):1033-1034.
- Hanson, E.J. Berkheimer, S. F. (2004).** Effect of Soil Calcium Applications on Blueberry Yield and Quality Small Fruits Review, 3:1-2, 133-139, DOI: 10.1300/J301v03n01\_13.
- Jorquera-Fontana, E., Alberdi, M., Franck, N. (2014).** Pruning severity affects yield, fruit load, fruit, and leaf traits of 'Brigitta' blueberry. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 14(4):855-868.
- Kalt, W., Howell, A., Duy, J.C., Forney, C.F., McDonald J.E. (2001).** Horticultural Factors Affecting Antioxidant Capacity of Blueberries and other Small Fruit HortTechnology, 11(4) 523-528.
- Kalt, W., McDonald, J.E. (1996).** Chemical Composition of Lowbush Blueberry Cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(1):142-146.
- Kumudini, S. (2004).** Effect of radiation, temperature on cranberry photosynthesis and characterization of diurnal change in photosynthesis. *J Amer Soc Hort Sci* 129: 106-111.
- Łata, B. Trampczynska, A., Mike, A. (2005).** Effect of cultivar and harvest date on thiols, ascorbate and phenolic compounds content in blueberries. *Acta Sci Pol Hortorum Cultus*, 4: 163-171.

- Ledesma, M., Morelli, G., Pinciroli, M., Martínez S. B., Garbi, M. (2021).** Efecto del tiempo entre cosecha y refrigeración sobre la calidad de frutos frescos en arándano (*Vaccinium corymbosum*) Libro de Resúmenes del 41º Congreso Argentino de Horticultura, p. 149.
- Liu, B., Wang, K., Shu, X., Liang, J., Fan, X., Sun, L. (2019).** Changes in fruit firmness, quality traits and cell wall constituents of two highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) during postharvest cold storage. *Scientia Horticulturae*, 246(27), 557-562.
- Lobos-Manríquez, T., Pinilla Quezada, H., Lobos Alvarez, W. (2011).** Efecto de aplicaciones de calcio en la calidad de la fruta de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Elliot. *IDESIA*, 29(3), 59-64.
- Martínez, S. B., Garbi, M., Morelli, G.; Pinciroli, M. (2019).** Calidad de fruto y fertilización foliar en dos variedades de *Vaccinium corymbosum* en la provincia de Buenos Aires. *Actas del XXXVII Jornadas Argentinas de Botánica*, p. 205.
- Mikulic-Petkovsek, M., Schmitzer, V., Slatnar, A., Stampar, F., Veberic, R. (2012).** Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species. *J Food Sci* 77, 1064-1070.
- Milivojevic, J., Maksimovic, V., Dragisic Maksimovic, J., Radivojevic, D., Poledica, M., Ercișli, S. (2012).** A comparison of major taste- and health-related compounds of *Vaccinium* berries. *Turk. J. Biol.* 36, 738–745. Doi: 10.3906/biy-1206-39.
- Milivojević, J., Radivojević, D., Nikolić, M., Dragisić Maksimović, J. (2016).** Changes in fruit quality of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*) during the ripening season. 10.17660/ActaHortic.1139.113
- Morand, F., Reula, F., Pinciroli, M., Florio, M., Martínez, S. B. (2022).** Arándanos: Modificaciones en la calidad de frutos refrigerados previa fertilización foliar con calcio y potasio. *Revista Jóvenes FCAYF*, UNLP en prensa.
- Muñoz, P., Serri H., López M.D., Faundez M., Palma P. (2017).** Efecto de diferentes intensidades de poda sobre el rendimiento y calidad de fruta en Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitte. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia*, 33(3), 285-294.
- Munteanu, I., Apetrei, C. (2021).** Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity. *Molecular Sciences*, 22, 1-30. doi:<https://doi.org/10.3390/>
- Ochmian, I., Grajkowski, J., Skupien, K. (2009).** Influence of substrate on yield and chemical composition of highbush blueberry fruit cv. Sierra. *J. Fruit Ornam. Plant Res*, 17, 89-100.
- Remberg, S. F., Rosenfeld, H. J., Haffnier, K., Gronnerod, K., Lea, P. (2006).** Characterization of quality parameters of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars. *Acta Hort.*, 715, 559-566.
- Retamal-Salgado, J., Bastías, R. M., Wilckens, R., Paulino, L. (2015).** Influence of microclimatic conditions under high tunnels on the physiological and productive responses in blueberry 'O'Neal'. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75(3), 291-297.
- Rubilar, E.A. (2004).** Evaluación del efecto de la aplicación de calcio en frutos de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Patriot). *Tesis Ing. Agrónomo*. Universidad de Concepción. 24 p.

- SAGyP Nº 201/2007 (2015).** Protocolo de Calidad para Arándanos Frescos Código: SAA006  
Ministerio de Agroindustria [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Sello/sistema\\_protocolos/SAA006\\_Arandanofrescos.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Sello/sistema_protocolos/SAA006_Arandanofrescos.pdf)
- Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R. M. (1999).** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299, 152-178.
- Stückrath, R., Quevedo, R., de la Fuente, L., Hernández, A., Sepúlveda, V. (2008).** Effect of foliar application of calcium on the quality of blueberry fruits. Journal of Plant Nutrition, 31(7), 1299-1312.
- Vázquez-Castilla, S., Guillén-Bejarano, R., Jaramillo-Carmona, S., Jiménez-Araujo, A., Rodríguez-Arcos, R. (2015).** Funcionalidad de distintas variedades de arándanos [https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf\\_000121.pdf](https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf_000121.pdf) fecha consulta: 10-10-2022.
- Zapata, L., Heredia, A., Malleret, A., Quinteros, F., Cives, H., Carlazara, G. (2013).** Evaluación de parámetros de calidad que ayuden a definir la frecuencia de recolección de bayas de Arándanos. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 14(2), 186-194.
- Zorenc, Z., Veberic, R., Stampar, F., Koron, D., Mikulic-Petkovsek, M. (2016).** Changes in berry quality of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during the harvest season. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40, 855-864, doi: 10.3906/tar-1607-57.

# **Los Autores**

## **Coordinadoras**

### **Martínez, Susana Beatriz**

Doctora Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Ingeniera Agrónoma (FCAyF, UNLP). Profesora Titular Ordinaria Cátedras de Climatología y Fenología Agrícola y Horticultura, FCAyF, UNLP. Investigadora Categoría I de Incentivos. Directora del LIBIOV (Laboratorio de Investigación de Bioclima Vegetal de la UNLP). Directora Especialización en cultivos Protegidos, aprobada por CONEAU 2023. Publicaciones: Martínez, S, Garbi, M y Carbone, A. (Coords) Producción hortícola periurbana. Aspectos técnicos y laborales. (Series: Libros Catedra. EDULP, 2021). Primer Autor: Efectos fisiológicos por el uso de elicidores en tomate cultivado en suelo infestado con *Nacobbus aberrans* (2020). Directora: Ecofisiología y bioclimatología de cultivos intensivos protegidos y a campo. Programa de Incentivos a la Investigación, UNLP (2018-2022). Directora: Produciendo y cocinando hortalizas sanas. Convocatoria Específica para Centros Comunitarios de Extensión Universitaria 2019. Prórroga 2021.

### **Garbi, Mariana**

Doctora Orientación Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Luján (UNLu). Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesora Adjunta Climatología y Fenología Agrícola, FCAyF, UNLP. Profesora de Ecofisiología de Cultivos Hortícolas, Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ). Publicaciones: Martínez, S.; Carbone, A.; Garbi, M. (Coords.) Producción Hortícola Periurbana. Aspectos técnicos y laborales (Serie: Libros de cátedra. EDULP, 2021). Co-autora Situación actual de la producción en invernaderos en el cinturón hortícola de La Plata, provincia de Buenos Aires. En: M. Lenscak y N. Iglesias (Comp.), Invernaderos. Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino (del paralelo 23 al 54) (Ediciones INTA, 2019). Coord. Buenas prácticas en producciones horti-florícolas en áreas periurbanas (EdUNLu, 2018). Co-directora de un proyecto sobre bioclimatología y ecofisiología de cultivos intensivos bajo invernadero y a campo, FCAyF, UNLP.

## **Puig, María Lucrecia**

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Doctora en FCAyF, UNLP. Jefe de Trabajos Prácticos, Climatología y Fenología Agrícola (FCAyF, UNLP). Co Autora Fitohormonas reducen daños por Nacobbus aberrans en tomate (*Solanum lycopersicum L.*) (2021); Herramientas para el estudio de la respuesta fisiológica en hortalizas (Capítulo de libro, Serie Libros de Catedra, EDULP, 2021). Efectos fisiológicos por el uso de elicidores en tomate cultivado en suelo infestado con Nacobbus aberrans (2020). Integrante del proyecto Proyecto de Investigación y Desarrollo I+D tetranual sobre Ecofisiología de Cultivos protegidos como Investigador en formación, FCAyF, UNLP. Consejera Provincial y Secretaria de la Región Centro del Colegio de Ingenieros Agrónomos y Forestales de la Provincia de Buenos Aires.

## **Autores**

### **Carbone, Alejandra Victoria**

Especialista en Docencia Universitaria. UNLP. Magister Scientiae en Protección Vegetal (FCAyF - UNLP). Licenciada en Biología (FCNyM – UNLP). Profesora Adjunta ordinaria del Curso Morfología Vegetal y Jefe de Trabajos Prácticos ordinaria Curso Fisiología Vegetal (FCAyF - UNLP). Docente Investigador Categoría III. Editora Coordinadora del Libro Cátedra “Producción hortícola periurbana. Aspectos técnicos y laborales” 2021 editado por Editorial EDULP. Autora del capítulo “Fundamentos de Morfología y Fisiología Vegetal” del Libro Cátedra “Introducción a la Propagación Vegetal. De la fisiología vegetal a la práctica integrada” editado por EDULP, 2023. Co-directora del Proyecto de Investigación y Desarrollo I+D Tetranual “Estudio del suelo, agua subterránea y vegetación, como base para definir ambientes de manejo en el partido de Magdalena”. Participante en el Proyecto de Investigación y Desarrollo I+D tetranual “Ecofisiología de los cultivos protegidos intensivos y a campo”. Docente en los Cursos Optativos de grado y de Extensión “Cultivo en Hidroponía”, “Cómo hacer plantas sin suelo” y “Actualización en Técnicas en Propagación Vegetativa” que se dictan en la FCAyF. Docente del Taller de Extensión “Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal” FCAyF-UNLP.

### **Chale, Walter**

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) de la Universidad Nacional de La Plata. Doctorando FCAyF. Docente en la catedra de Riego y Drenaje (FCAyF – UNLP), Profesor Adjunto Cátedras de Riego y Drenaje y Horticultura y Floricultura Universidad Nacional del Noroeste de la Pcia. de Bs. As. (UNNOBA). Co Autor: Recuperación y manejo de suelos salinos cultivados bajo cubierta (Horticultura Argentina, 2019). Recuperación de un suelo salinizado de invernadero para la Producción de lechuga con riego por goteo superficial y Sub-

terráneo (V Reunión de la Red Argentina de Salinidad, 2017). Codirector del proyecto de investigación Aplicación de tecnologías para aumentar con competitividad y sostenibilidad los cultivos intensivos a campo y bajo cubierta plástica en la zona de Influencia de la UNNOBA. Integrante del proyecto de Investigación y Desarrollo I+D tetranual “Ecofisiología de los cultivos protegidos intensivos y a campo”. Director del Proyecto de Extensión “Producción de hortalizas para familias de bajo recurso”. Secretaría de Extensión Universitaria. UNLP (2020-2021-2022).

### **D'Amico, Marco**

Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (FCAyF UNLP). Docente en las Cátedras: Edafología y Climatología y Fenología Agrícolas (FCAyF – UNLP). Responsable del Laboratorio de Nematología Agrícola y Suelos de la Estación Experimental Gorina del Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires. Publicaciones: Desarrollo del cultivar de mostaza india “Santa Catalina UNLP” para la biofumigación de suelos (2023). Obtención de la primera variedad argentina de mostaza india: SANTA CATALINA UNLP, para su utilización como biofumigante (2021). La importancia del monitoreo de plagas y enfermedades, y el registro fenológico en horticultura (2021). Integrante del Proyecto: Estudio del suelo, agua subterránea y vegetación, como base para definir ambientes de manejo en el partido de Magdalena (UNLP, 2021) y del Ecofisiología y bioclimatología de cultivos intensivos protegidos y a campo (UNLP). Participante del proyecto: Intensificación sostenible de los sistemas de producción bajo cubierta (hortalizas, flores y ornamentales) y del Proyecto estructural. Eje Temático: Intensificación sostenible de agroecosistemas. Convocatoria: Intensificación sostenible de los sistemas bajo cubierta. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

### **D'Amico, Juan Pablo**

Magister en mecanización Agraria, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata. Ingeniero Agrónomo (FCAyF, UNLP). Investigador del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Hilaro Ascasubi en Ingeniería Rural y Mecanización Agraria. Coordinador de proyectos de investigación de INTA en el área de mecanización de cultivos intensivos. Premio Innovar 2017, Medalla Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) 2017, Premio a la Innovación en Tecnología Agropecuaria del Centro internacional de Innovación en Tecnología Agropecuaria (CiTA) 2022. Labranza cero y fertiriego por goteo en la producción de ajo colorado: Análisis comparativo del rendimiento y sus principales componentes (2018). Zero Tillage and drip fertigation in butter-nut squash: Performance and efficiency of use of the main resources (2017). Zero tillage and drip fertigation in the production of red garlic: Comparative analysis of its performance and main components (2017). Intercorpping pumpkin-wheat under zero tillage and drip fertigation: An evaluation of the productive performance (2017).

### **Dell'Arciprete Giglio, Luciana**

Ingeniera agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), UNLP. Doctoranda (FCAyF, UNLP). Docente Adscripta catedra de Climatología y Fenología Agrícola (FCAyF, UNLP). Co-responsable técnica en establecimiento hortícola en La Plata. Publicaciones “Libro de resúmenes - Taller de Docencia - Enseñanza virtual de asignaturas vinculadas a la tecnología de cultivos intensivos. Narración de Experiencias.” (2021). “Precocidad y productividad según número de ramas por planta en tomate (*Solanum Lycopersicum*) injertado y sin injertar” (2022). “Días a cosecha y condiciones ambientales para un ciclo de tomate temprano en La Plata, Buenos Aires, Argentina.” (2022). “Efecto del ácido salicílico sobre la respuesta al estrés y fenología del tomate” (2022). Integrante del Proyecto de Investigación y Desarrollo I+D tetranual en ecofisiología de cultivos intensivos, FCAyF, UNLP. Diplomada en Buenas Prácticas Agrícolas con orientación frutihortícola.

### **Florio, Mariana**

Ingeniera Agrónoma Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata. Docente en la catedra de Fruticultura (FCAyF). Publicaciones: Evaluación en tiempos de pandemia del curso de Fruticultura de la carrera de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP (2021). Enraizamiento de estacas herbáceas de dos portainjertos híbridos de duraznero, sometidas a tratamientos hormonales (2022). Utilización de hongos patógenos para el control de Ceratitis Capitata en fítiales del género *Prunus* en Argentina (2022). Integrante del Proyecto de investigación Ecofisiología de cultivos protegidos y a campo UNLP. Integrante del Proyecto de Extensión: “Los hongos amigos de los productores” (UNLP). Trayectoria profesional como asesora en cultivos de Kiwi, en Viveros frutícolas y manejo pos cosecha y comercialización frutícola en su cadena completa.

### **Guaymasí, Delfina**

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Especialista en Docencia Universitaria (EDU) UNLP. Docente en las cátedras de Climatología y Fenología Agrícolas y Terapéutica Vegetal (FCAyF, UNLP). Publicaciones: Días y tiempo térmico a floración y fructificación en solanáceas cultivadas en invernadero en La Plata (2018). Respuesta fenológica y productiva de la poda de Berenjena (2022). Caracterización de las condiciones agrometeorológicas y producción de dos cultivares de batata en La Plata (Buenos Aires, Argentina) (2022). Participante en Proyecto de Investigación Ecofisiología y bioclimatología de cultivos intensivos protegidos y a campo y Proyecto de Investigación: Insectos plaga y sus enemigos naturales en cultivos extensivos e intensivos: estrategias de manejo compatibles con el control biológico. Participante en el Proyecto de Extensión Los Hongos amigos de los Productores de la Facultad de Ciencias Naturales y museo (FCNyM) Centro Comunitario de Extensión N°10 Parque Pereyra. Participación en el Centro Comunitario de Extensión N° 10 Parque Pereyra Iraola. UNLP desde agosto de 2021.

### **Giménez, Daniel Oscar**

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Profesor de Fisiología Vegetal en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Bs. As. UNICEN (1979-1996) y Profesor Adjunto de Fisiología Vegetal en FCAyF UNLP (desde 1991). Profesor Titular de Fisiología Vegetal en Universidad Nacional del Noroeste de la Pcia. de Bs. As. (UNNOBA) desde 2006. Docente-Investigador Categoría "I" (INFIVE; CONICET-UNLP). Tema de investigación: Tolerancia al estrés biótico de especies de interés agronómico. Profesor en cursos de Extensión "Como hacer crecer las plantas sin suelo" y "Propagación Vegetal" y Curso optativo para alumnos "Cultivo en hidroponía" FCAyF, UNLP. Director del Departamento de Ciencias Biológicas FCAyF, UNLP desde 2002. Profesor en la Maestría de Protección Vegetal FCAyF UNLP. Co Autor: Fitohormonas reducen daños por Nacobus aberrans en tomate (*Solanum lycopersicum*) (2021). Co Autor del Libro: Introducción a la Propagación Vegetal – de la Fisiología a la Práctica Integrada (2023). Co Director Sustentabilidad de cultivos de importancia económica en situaciones de estrés biótico y abiótico. Uso de bioinsumos como práctica de bajo impacto ambiental. Proyecto UNNOBA (2019-2020). Integrante del proyecto "Ecofisiología y bioclimatología de cultivos intensivos protegidos y a campo" (2019-2021). Profesor extraordinario consulto.

### **Hernández, Marcelo**

Doctor para la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Licenciando en Biología, Orientación Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM- UNLP). Profesor Adjunto del Curso Morfología Vegetal y Jefe de Trabajos Prácticos del Curso Sistemática Vegetal (FCAyF-UNLP) y en el Curso Botánica Sistemática II (FCNyM-UNLP). Docente Investigador Categoría IV. Coautor del Libro Plantas Cultivadas de la Argentina (Asteráceas) (2017). Coautor de los capítulos de Libro Cátedra Botánica Sistemática II, "Plantas con Esporas libres "Lycophtya y Polipodiopsida", Plantas con semillas desnudas Gymnospermae", "Sulcace Alismatida" y "Sulcace Arecidae" (2019). Integrante del Proyecto "El Jardín Botánico Carlos Spegazzini, un Centro Cultural para la Comunidad, (FCAyF-UNLP), 2005-en adelante. Director del proyecto Estudio morfoanatómico y químico de organismos vegetales extremófilos presentes en la localidad Tolar Grande y en el Desierto del Diablo, provincia de Salta, Argentina (Gobierno de Salta, 2019-2021). Integrante del Proyecto de Investigación y Desarrollo I+D Tetrannual "Sustentabilidad de sistemas productivos intensivos: prácticas de bajo impacto ambiental para disminuir el efecto del estrés biótico y abiótico", (FCAyF-UNLP) (2018 a 2022). Integrante del Proyecto de Investigación y Desarrollo I+D Tetrannual "Estudio del suelo, agua subterránea y vegetación, como base para definir ambientes de manejo en el partido de Magdalena", (FCAyF-UNLP, 2021-2024). Reconocimiento al Egresado Distinguido de Posgrado del año 2016 de la Carrera Doctorado, en docencia e investigación, (FCAyF-UNLP, 2017).

### **Masi, Agustina**

Ingeniera Agrónoma (UNNOBA). Maestrando en la maestría de Gestión de la Innovación y la Vinculación Tecnológica en el sector Agroindustrial, instituto de posgrado - Universidad Nacional del noroeste de la pcia.de Bs. As. (UNNOBA) (2019) y en la Maestría en Gestión de la Cadena Agroindustrial (UNNOBA) (2013). Jefe de Trabajos Prácticos en las cátedras de Riego y Drenaje, Climatología Agrícola y Horticultura y Floricultura (UNNOBA). Co Autora Production and response to Azospirillum brasiliense inoculation in two globe artichoke hybrids (2015); Phenology of two hybrids of artichoke (*Cynara Cardunculus.L.*) in Junín, Buenos Aires (2015). Extractos de alga: evaluación de su aplicación en cultivo de alcaucil *Cynara cardunculus* var *scolymus* frente a condiciones adversas (2017). Investigadora en el Proyecto de I+D: sobre la Aplicación de tecnologías para aumentar con competitividad y sostenibilidad los cultivos intensivos y extensivos y su Impacto social. Directora del proyecto de extensión Huerta II en el Colegio Hogar Belgrano Junín - UNNOBA.

### **Morelli, Gabriela**

Ingeniera Agrónoma Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP (FCAYF). Especialista en Docencia Universitaria Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesora Adjunta Fruticultura FCAYF. Profesora Adjunta Sistemas de Producción Frutícola. Tecnicatura en Cultivos Intensivos y Licenciatura en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Arturo Jauretche. UNAJ. Publicaciones: Capítulo de libro: Injertación: Fundamentos y técnicas. En: Introducción a la propagación vegetal. De la teoría a la práctica (2021). EDULP. Capítulo de Libro: Desinfección de suelo e injerto en tomate. En Producción intensiva flori-hortícola sustentable en el Gran La Plata. (EDULP, 2021). Reporte de *Drosophila suzukii* en huertas agroecológicas y prospección de hongos patógenos desde suelo en cultivos de frambuesas. Revista XI Congreso Argentino y XII Congreso Latinoamericano de Entomología (2022). Sociedad Entomológica Argentina. Participante de Proyecto de investigación Ecofisiología de cultivos protegidos y a campo UNLP. Coordinadora Proyecto de Extensión: "Guardianes de semillas". Secretaría de Extensión Universitaria Prosecretaría de Políticas Sociales. Coordinadora proyecto de Extensión "Los hongos amigos de los productores". Secretaría de Extensión Universitaria Prosecretaría de Políticas Sociales Temática: Biodiversidad en monte frutal. Antecedentes profesionales: Trayectoria como asesora en cultivos de Nuez de Pecan y en Viveros frutícolas.

### **Pincioli, María**

Doctora en Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología, Universidad de Murcia (UM), (2018) Magister en Tecnología e Higiene de los Alimentos, UNLP (2011) Ingeniera agrónoma, FCAYF UNLP. Jefe de Trabajos Prácticos en las cátedras de Bioquímica y Fitoquímica y Climatología y Fenología Agrícola. Publicaciones: Exogenous Application of Salicylic Acid Modulates Oxidative Stress during the Seed Development of Rice (*Oryza sativa L.*) Grain. Artículo. 2023. Fitoprostanos y Fitofuranos: Nuevos Biomarcadores de Estrés Oxidativo. 2019. Libro Broken

Rice as a Potential Functional Ingredient with Inhibitory Activity of Renin and Angiotensin-Converting Enzyme (ACE). Artículo. 2019. Investigación - Extensión: Participación en Proyectos relacionados a la bioclimatología de cultivos intensivos protegidos (tomate) y a campo (arándanos).

### **Pomes, José**

Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA). Docente en Climatología Agrícola y Horticultura y Floricultura (UNNOBA). Publicaciones: Respuesta a la fertilización e inoculación con *Rhizobium leguminosarum* en el cultivo de arveja (*Pisum, Sativum*) variedad Yams (2021). Tiempo Térmico: Efecto sobre el comportamiento fenológico de tomate injertado y sin injertar cultivado en Junín (Buenos Aires, Argentina) (2020). Evaluación de tres modalidades de riego en cultivo de alcaucil (*Cynara cardunculus* var *scolymus*) inoculados con algas y su efecto sobre rendimiento (2019). Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas CIN 2015. Integrante de proyectos de investigación y extensión en UNNOBA.

### **Ricceti, Adriana**

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Docente en la Catedra de Socioeconomía (FCAyF, UNLP). Consultora privada de Pymes. Gerente comercial del Consorcio de la Indicación Geográfica Alcachofas/Alcauciles Platenses. Participación de la Delegación Argentina en el 7mo Simposio Internacional del Alcaucil, Saint Pol de León, Francia 2009. Participación de la Delegación Argentina en el 8vo Simposio Internacional del Alcaucil, Viterbo, Italia 2012. Participante de la comisión organizadora del 9no Simposio Internacional del Alcaucil, La Plata, Argentina 2015. Participante de la Organización de La Fiesta del Alcaucil desde el año 2007 al año 2021.

### **Saldua, Vilma Luciana**

Doctor en Ciencias Naturales. Facultad Ciencias Naturales y Museo, (FCNyM) UNLP (2013). Especialización. Carrera de Especialización en Docencia Universitaria, UNLP (2022). De Grado. Licenciatura en Biología, orientación Zoología. FCNyM UNLP (2004). Docente en la catedra de Genética de la FCAyF UNLP. Publicaciones: Estudios del comportamiento de *Sipha (Rung sia) maydis Passerini 1860* (Hemíptera: Aphididae) en relación con las estrategias de defensas de sus plantas hospederas" (2013) "Propuesta de innovación educativa sobre la enseñanza de la tecnología del ADN recombinante y el uso de los organismos genéticamente modificados (OGM) orientada para las carreras de ingeniería agronómica e ingeniería forestal" (2022). Co Autora - Mapping resistance to argentinean fusarium (GRAMINEARUM) head blight isolates in wheat (2021). Participante en: Proyecto Bimensual de Extensión Universitaria "La Genética se mete en el Agricultura". FCAyF UNLP (2022-2023). Proyectos Tetra Anual de Investigación y Desarrollo (Proyectos I+D) "Ecofisiología y bioclimatología de cultivos intensivos protegidos y a campo". En FCAyF UNLP. (2019-2023). Proyecto de incentivo UNLP, "Diversidad y distribución de especies de *Cordyceps* y especies afines (Ascomycota: Sordariomycetes) patógenas de insectos de la Argentina". CEPAVE, UNLP (2019 – 2022).

### **Sánchez de la Torre, María Eugenia**

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Jefe de Trabajos Prácticos Climatología y Fenología Agrícola, FCAyF, UNLP. Publicaciones: “Detection of Citrus Psorosis-Ringspot Virus using RT-PCR and DAS-ELISA”, 1997. “The top component of Citrus Ringspot Virus contains two ssrnas, the smaller encodes the coat protein”, 1998. “RNA2 of Citrus psorosis virus is of negative polarity and has a single open reading frame in its complementary (2002). Integrante de Proyecto Tetra Anual de Investigación y Desarrollo (Proyectos I+D) “Ecofisiología y bioclimatología de cultivos intensivos protegidos y a campo” (2019-2023).

### **Varela, Patricio**

Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional del Sur (UNS). Investigador del INTA EEA Hilario Ascasubi en tecnologías de riego. Responsable del convenio de colaboración INTA-Netafim Argentina. Publicaciones: Comparación de tres sistemas productivos de zapallo a través del análisis de ciclo de vida en el Valle del Río Colorado (2019). Labranza cero y fertirriego por goteo en la producción de ajo colorado: Análisis comparativo del rendimiento y sus principales componentes (2018). Zero Tillage and drip fertigation in butternut squash: Performance and efficiency of use of the main resources (2017). Zero tillage and drip fertigation in the production of red garlic: Comparative analysis of its performance and main components (2017). Intercorpping pumpkin-wheat under zero tillage and drip fertigation: An evaluation of the productive performance (2017).

### **Villena, Gonzalo**

Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Asesor privado, socio de Goyvar SRL y productor. Asesor técnico del Grupo Alcachofas / Alcauciles Platenses Indicación Geográfica. Autor de numerosos artículos de divulgación técnica sobre la producción de alcaucil. Promotor Asesor Cambio Rural grupo Alcaucileños Platenses (1994 – 2010). Participación de la Delegación Argentina en el 7mo Simposio Internacional del Alcaucil, Saint Pol de León, Francia 2009. Participación de la Delegación Argentina en el 8vo Simposio Internacional del Alcaucil, Viterbo, Italia 2012. Participante de la comisión organizadora del 9no Simposio Internacional del Alcaucil, La Plata, Argentina 2015.

### **Zanek, Carlos**

Magister en Ciencias Agropecuarias. Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional La Plata (UNLP). Docente en Climatología Agrícola y Horticultura y Floricultura, Universidad Nacional del Noroeste de Pcia. de Bs. As. (UNNOBA). Profesional en Agencia Extensión La Plata del Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria (INTA). Publicaciones: 50 años que caracterizan las precipitaciones registradas en la Estación Experimental Agropecuaria INTA San Pedro (1965-2014) (2016). Estudio de las condiciones ambientales para realizar un calendario de plantación de Petunia x Hybrida cv Ultra White en el

norte de Buenos Aires (2017). Análisis preliminar de la asociación entre la percepción social de la variabilidad climática y del cambio climático y los datos climatológicos de la ciudad de La Plata, Buenos Aires. Argentina (2020). Investigador en el Proyecto de I+D: Competitividad y sostenibilidad los cultivos intensivos y extensivos. Impacto social (UNNOBA). Investigador en el Proyecto de I+D: Proyecto Local Florícola (INTA).

Martínez, Susana Beatriz

Sistemas intensivos sustentables : tecnologías para su manejo / Susana Beatriz Martínez ; Mariana Garbi ; María Lucrecia Puig ; Coordinación general de Susana Beatriz Martínez ; Mariana Garbi ; María Lucrecia Puig. - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; La Plata : EDULP, 2025.

Libro digital, PDF - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-34-2558-9

1. Tecnología. 2. Horticultura. 3. Fruticultura. I. Martínez, Susana Beatriz, coord.  
II. Garbi, Mariana, coord. III. Puig, María Lucrecia, coord. IV. Título.

CDD 635

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata  
48 N.º 551-599 / La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina  
+54 221 644 7150  
[edulp.editorial@gmail.com](mailto:edulp.editorial@gmail.com)  
[www.editorial.unlp.edu.ar](http://www.editorial.unlp.edu.ar)

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2025  
ISBN 978-950-34-2558-9  
© 2025 - Edulp

**n**  
**naturales**

  
**edulp**  
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA