



Boletín Técnico

POMÁCEAS

Botryosphaeria en manzanos en la Región del Maule



Gonzalo Díaz

El Decano, investigador y académico de la Facultad de Ciencias Agrarias presentó en la 5° Reunión Técnica del 26 de septiembre del 2023.

PÁGINA 2 | TEMA CENTRAL



Inteligencia artificial

Estudios en el CP demostraron que existe una relación entre las variables climatológicas y fenológicas con la producción final de un huerto

PÁGINA 6 | INVESTIGACIÓN



Clima

Limitado frío invernal ha conducido a irregular y lento avance fenológico hasta floración.

PÁGINA 7 | REPORTE CLIMÁTICO

“Epidemiología y manejo de la muerte regresiva por *Botryosphaeria* en manzanos en la región del Maule” fue el tema abordado en la 5° Reunión Técnica del 2023, organizada por el Centro de Pomáceas de la UTalca, donde el investigador y académico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UTalca expuso la situación de esta enfermedad en la pasada temporada.

El seminario se enmarcó en el proyecto “Inteligencia artificial aplicada al monitoreo del comportamiento de nuevos cultivares de cerezos y manzanos de la Región del Maule” ejecutado por el Centro de Pomáceas con recursos del Fondo de Innovación para la competitividad del Gobierno Regional del Maule.

J.A. Yuri, Director del Centro de Pomáceas presentó las “Novedades del CP en el último periodo” y Álvaro Sepúlveda, Investigador y Líder del Laboratorio de Ecofisiología Frutal mostró el “Reporte climático” del último periodo.

Al evento asistieron productores frutícolas nacionales e internacionales, asesores, técnicos, académicos y estudiantes.

Entre las visitas internacionales se encontraron los siguientes países: Argentina, Brasil, Chile y Perú.



Escanea el código QR y accede a todos los boletines.

Epidemiología de *Botryosphaeria* en huertos de manzanos en Chile

Gonzalo Díaz Ulloa | Profesor asociado, Departamento de Producción Agrícola, Universidad de Talca | g.diaz@utalca.cl
Bernardo Latorre Guzman | Profesor emérito, Facultad de Agronomía y Sistema Naturales, PUC | blatorre@uc.cl

La extrema sequía de los últimos 12 años, junto a la excesiva radiación solar y alza de temperaturas, han contribuido al aumento de la presencia de cancos y muerte regresiva de ramas y troncos ocasionadas por el hongo *Botryosphaeria*

El cultivo del manzano se encuentra geográficamente entre las regiones de O'Higgins y el Maule (85%), con un clima Mediterráneo, caracteriza-

do por veranos calurosos, secos y meses de invierno fríos con precipitaciones (300-676 mm acumulados/anual; <http://www.meteochile.cl>).

Sin embargo, las condiciones de extrema sequía de los últimos 12 años, la excesiva radiación solar y alza de temperaturas, han contribuido al aumento de la presencia de cancos y muerte regresiva de ramas y troncos ocasionadas por el hongo *Botryosphaeria*. Por ello, es posible que las condiciones ambientales predominantes en los últimos años en la zona central de Chile hayan predisposto las plantas al desarrollo de esta enfermedad. La incidencia se estima entre 5 y 45% de plantas afectadas en huertos adultos ubicados entre las regiones de O'Higgins y La Araucanía (33 - 37 ° L.S.).

Los síntomas de esta enfermedad incluyen una declinación general de la planta, brotes con entrenudos cortos, hojas cloróticas, presencia de cancro y muerte regresiva de ramas. En cortes transversales de estructuras enfermas se observa una pudrición dura de la madera de color marrón a marrón oscuro en forma de 'V' o 'U' (Figura 1).

Estudios recientes enfocados en la determinación de la etiología de la muerte regresiva, han demostrado que los agentes causales que han sido aislados e identificados corresponden a especies de hongos pertenecientes a la familia *Botryosphaeriaceae*, incluyendo a *Diplodia seriata*, *Neofusicoccum arbuti*, *D. mutila* y *Lasiodiplodia theobromae* (Figura 2). Estas especies se encuentran distribuidas en la zona central de los huertos comerciales de manzanos, con un dominio en la frecuencia de la especie *D. seriata*

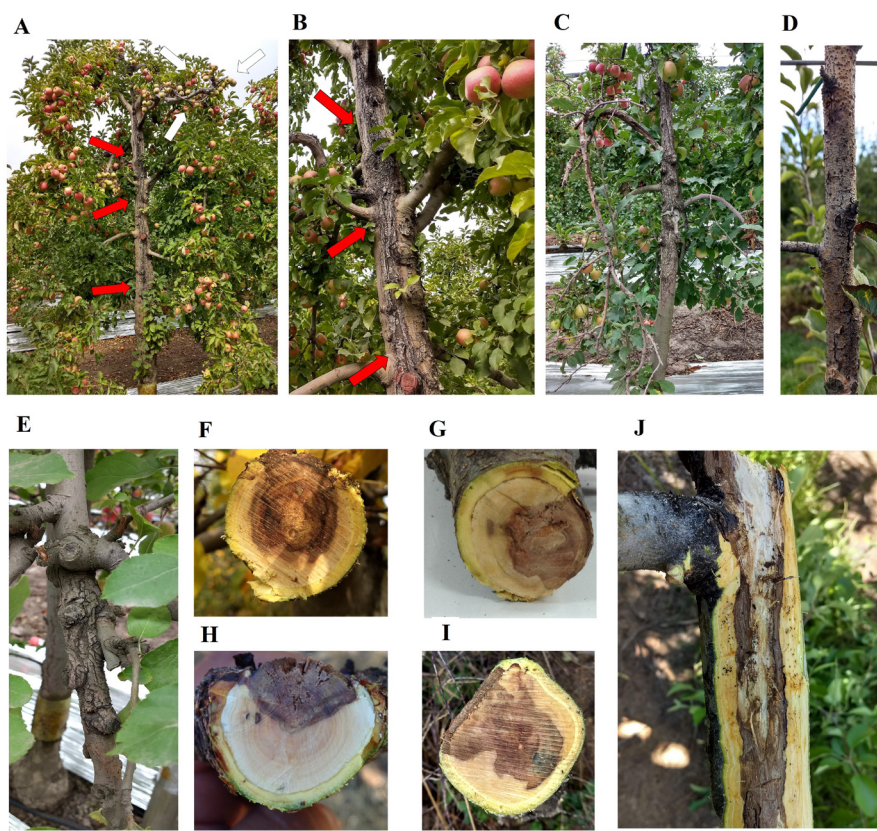


Figura 1. Síntomas de cancos y muerte regresiva por *Botryosphaeria* en la zona central de Chile. Cancros en ramas y troncos mostrando muerte regresiva (A - E). Corte transversal de brazos con muerte regresiva mostrando lesiones marrones de consistencia dura, en forma de U o V (F - H). Corte longitudinal de brazos con muerte regresiva, con necrosis longitudinal de la madera (J).

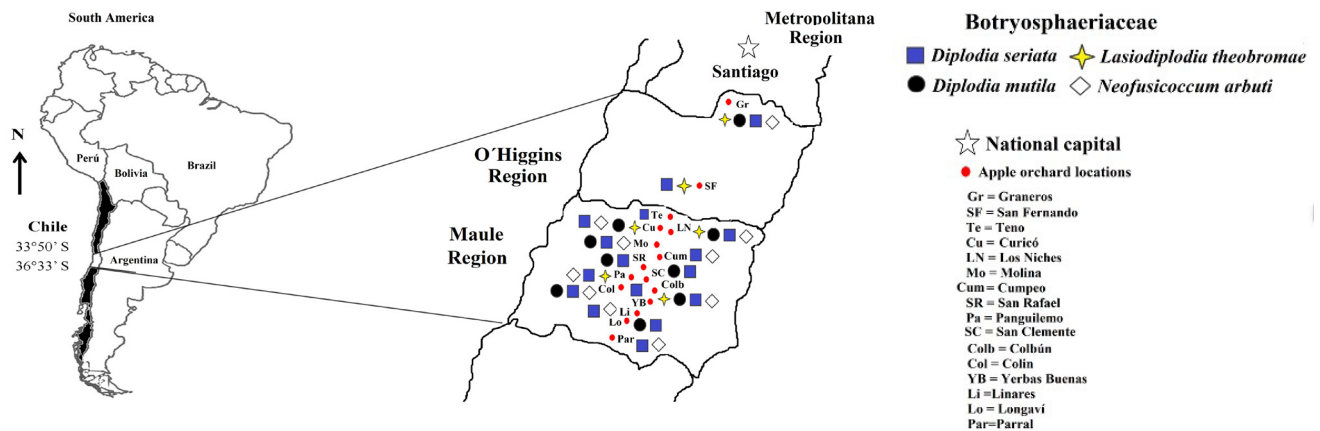


Figura 2. Distribución de especies de Botryosphaeriaceae causantes de canchros y muerte regresiva de ramas de manzanos, incluyendo a *Diplodia mutila*, *D. seriata*, *Neofusicoccum arbuti* y *Lasiodiplodia theobromae* en la zona central de Chile.

(Díaz et al., 2019b; Díaz et al., 2022. Figura 3).

La información generada en el marco del proyecto Fondecyt (1210109), muestra que estas especies de *Botryosphaeriaceae* se encuentran en tejidos enfermos formando estructuras reproductivas denominados picnidios. Las fuentes de inóculo corresponden a brazos y ramas enfermas en la misma planta, así como residuos de poda y frutos con pudrición negra (pudrición por *Diplodia* spp.) en el árbol o en el suelo (Díaz et al., 2019a). Estos picnidios tienen la capacidad de madurar y producir en su interior conidias durante la temporada, generando la infección a nivel de campo (Figura 4).

Es importante considerar otras especies frutales (hospederos con canchros y muerte regresiva), que son atacadas por Botryosphaeriaceae y que se cultivan en cercanías de huertos comerciales de manzanos. En este sentido, las inoculaciones de ramillas de manzano con diferentes especies de Botryosphaeriaceae obtenidos desde nogales, arándanos y vides han demostrado ser patógenos en el manzano (Figura 5), por lo que deben ser consideradas en el manejo de la enfermedad.

El monitoreo de las conidias en condiciones de campo es muy importante para conocer la época

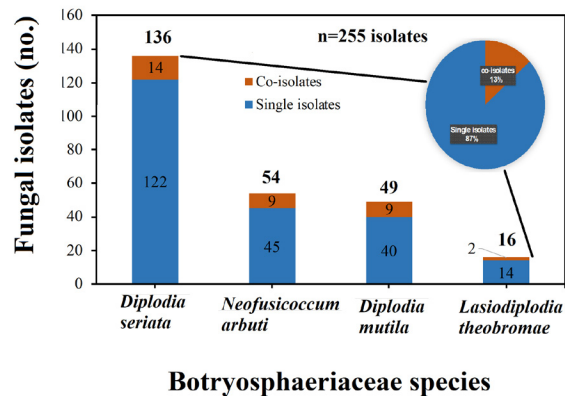


Figura 3. Frecuencia de las especies de Botryosphaeriaceae; *Diplodia seriata*, *Neofusicoccum arbuti*, *Diplodia mutila* y *Lasiodiplodia theobromae* obtenidas desde brazos y troncos de manzanos enfermos.

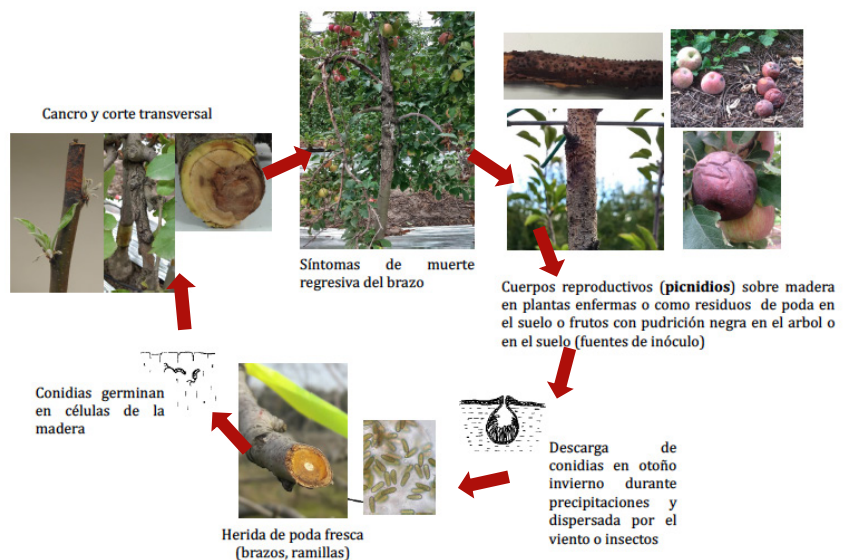


Figura 4. Ciclo de la enfermedad causada por especies de Botryosphaeria en manzanos.

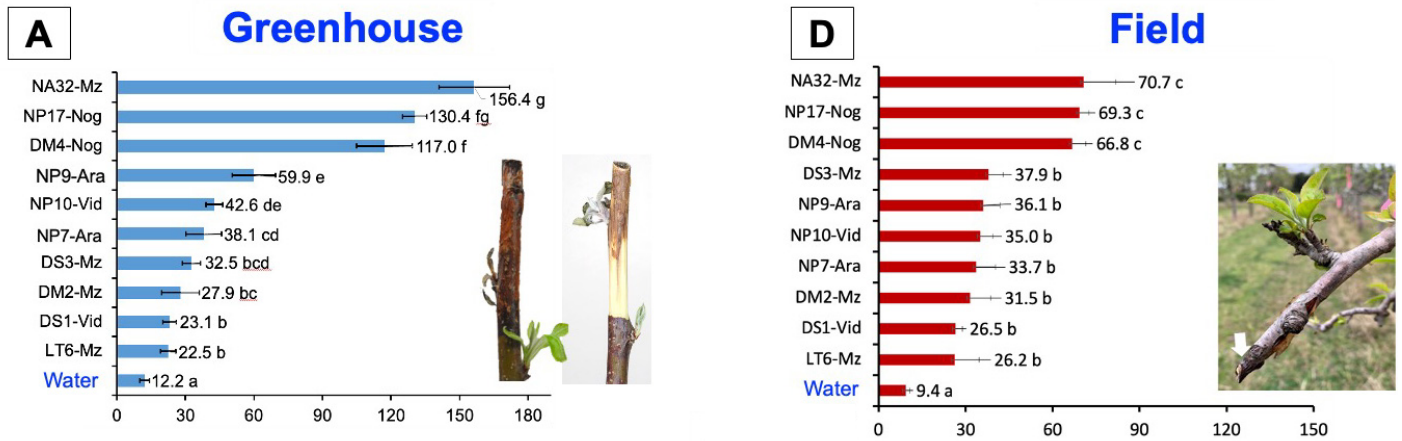


Figura 5. Lesiones causadas por diferentes especies de Botryosphaeriaceae obtenidas desde manzano (Mz), nogal (Nog), arándano (Ara) y vid (Vid) sobre ramillas lignificadas de manzano, después de 3 y 7 meses de la inoculación, en condiciones de invernadero (A) y en el campo sobre la herida de poda (B).

de liberación y dispersión de estas, principalmente por el viento, salpicado de lluvias y eventualmente por insectos. Nuestros estudios nos indican la presencia de las especies descritas anteriormente presentes en los huertos (Figura 6), y que la máxima liberación de las conidias está asociada fuertemente a las precipitaciones, en especial en la época de poda. Sin embargo, la liberación muestra que puede ocurrir en el verano y estaría

asociadas a la infección de la fruta con el desarrollo de una pudrición negra, principalmente causada por *D. seriata* y *D. mutila* (Figura 6). La edad de las heridas de poda juega un rol importante en la susceptibilidad de ésta a la infección por especies de Botryosphaeria. Basado en nuestros estudios de campo, utilizando aislados obtenidos desde diferentes fuentes de inóculo (residuos de poda, frutos con pudrición negra y

brazos de manzano), se observa una alta susceptibilidad de las heridas de poda fresca de 1 a 15 días de edad y que estas especies de Botryosphaeria poseen la capacidad de infectar a la madera de manzano (Figura 7). Finalmente, es importante indicar que un conocimiento más completo sobre la epidemiología de la enfermedad permite entender de mejor manera cómo se comportan los patógenos en el campo, considerando al

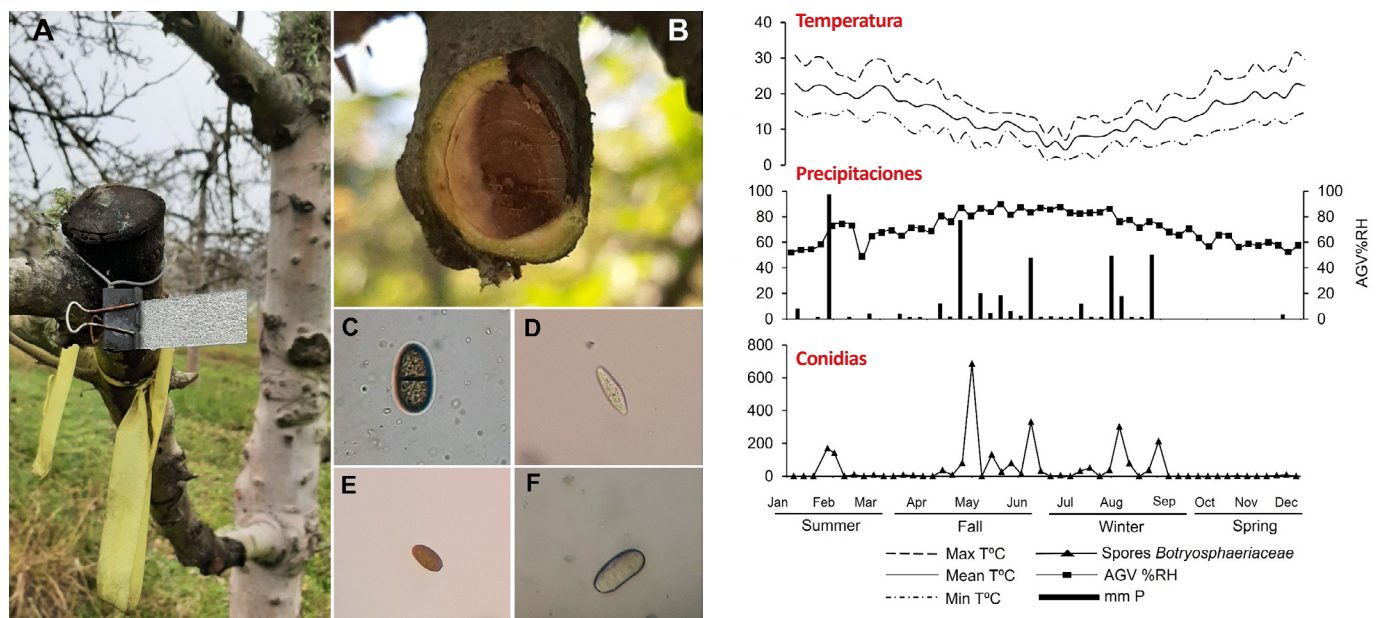


Figura 6. Monitoreo de conidias de Botryosphaeriaceae en huertos de manzanos, utilizando trampas con vaselina (izquierda), que muestran liberaciones durante otoño e invierno asociado a las precipitaciones (derecha).

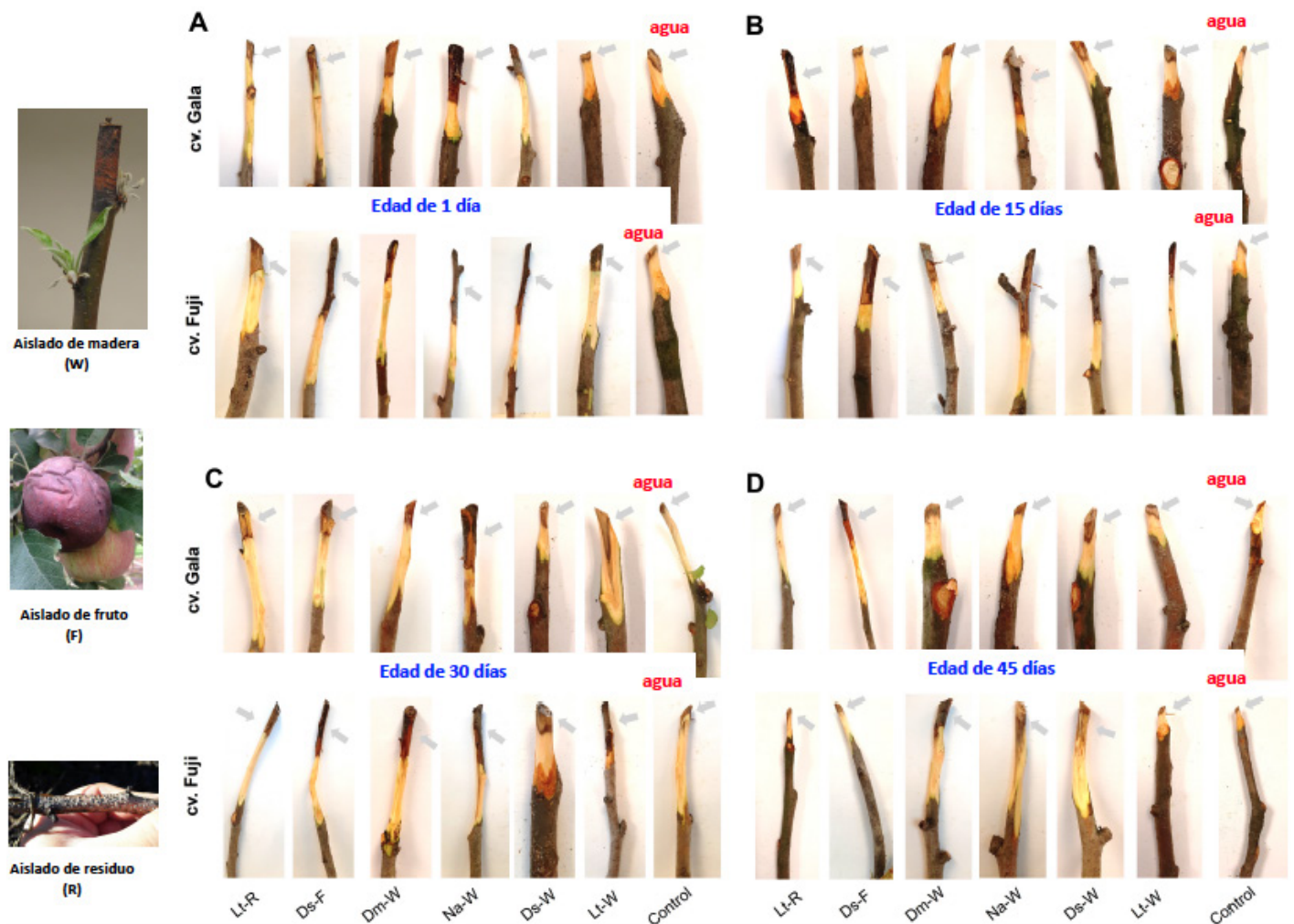


Figura 7. Susceptibilidad de la herida de poda en manzanos Fuji y Gala, en heridas frescas de 1, 15, 30 y 45 días de edad, inoculados con *Lasiodiplodia theobromae* (Lt, R), *Diplodia seriata* (Ds, F, W), *D. mutila* (Dm, W) y *Neofusicoccum arbuti* (Na, W) obtenidos desde frutos (F), residuos de poda (R) y de madera (W) de manzano.

hospedero y las condiciones ambientales existentes, además de conocer cuáles son sus fuentes de inóculo y así realizar un mejor manejo de la enfermedad, enfocado a disminuir las fuentes de inóculo.

Sin lugar a duda, la protección de heridas de poda frescas es muy importante para evitar nuevas infecciones a nivel de campo, junto con realizar un manejo holístico de las fuentes de inóculo, para reducir la carga y expansión del inóculo durante la temporada: retiro, quema o picado e incorporación en profundidad.

Literatura

- ▶ **Díaz, G.A., Latorre, B.A., Ferrada, E.E., and Lolas, M. 2019a.** Identification and characterization of *Diplodia mutila*, *D. seriata*, *Phaciopycnis washingtonensis* and *Phacidium lacerum* obtained from apple (*Malus x domestica*) fruit rot in Maule Region, Chile. *European Journal of Plant Pathology* 153: 211-225.
- ▶ **Díaz, G.A., Mostert, L., Halleen, F., Lolas, M., Gutierrez, M., Ferrada, E.E., and Latorre, B.A. 2019b.** *Diplodia seriata* associated with *Botryosphaeria* canker and dieback in apple trees in Chile. *Plant Disease* 103: 1025-1025.
- ▶ **Díaz, G.A., Valdes, A.V., Halleen F., Ferrada, E.E., Lolas, M., and Latorre, B.A. 2022.** Characterization and pathogenicity of *Diplodia*, *Lasiodiplodia* and *Neofusicoccum* species causing *Botryosphaeria* canker and dieback of apple trees in central Chile. *Plant Disease* 106: 925-937.

Reporte de Investigación

Inteligencia artificial para la estimación de volumen de cosecha en manzanas de exportación

González, Yetzabel. 2019. Memoria de pregrado. U. de Talca. 60 p. Prof. Co-tutor: Yuri, J.A.

ANTECEDENTES GENERALES

La fruticultura es una de las actividades más importantes realizadas en Chile, posicionando al país como uno de los principales exportadores latinoamericanos de diversas frutas, siendo la manzana la más destacada. Esta fruta es la segunda más plantada en el país y al año se exportan alrededor de 700 toneladas (2018), recaudando para la economía chilena cerca de US\$670 millones. A pesar del amplio desarrollo de esta industria en el país, la fruticultura se ve afectada por diversos problemas de tipo estructural como el mal uso y abuso de fertilizantes y problemas de planifica-

ción durante la etapa de cosecha de los huertos, debido al uso de técnicas imprecisas para la estimación de producción durante esta etapa.

OBJETIVO

Estimación temprana de volumen de cosecha en manzana mediante el uso de método de aprendizaje automático.

MATERIALES Y MÉTODO

Se implementaron y evaluaron diversos algoritmos de regresión basados en la integración de elementos relevantes para el desarrollo de los cultivos como los factores climatológicos y fenológicos.

Actualmente las empresas productoras de manzana realizan la estimación del volumen de cosecha mediante ecuaciones aritméticas simples que consideran solo factores de índole físico como la cantidad de ramas de un árbol y el peso promedio de un fruto, estas técnicas gene-

ran grandes errores en la estimación temprana del volumen de cosecha (Foto 1) lo que genera pérdidas de recursos como insumos, mano de obra o incluso pérdida de fruta a cosecha (Foto 2).

Se trabajó con datos productivos, climatológicos y fenológicos de cinco huertos localizados en la región del Maule. Se implementaron y evaluaron diversos modelos de regresión y así predecir el volumen de una cosecha específica utilizando algoritmos de regresión implementados con datos históricos de origen climático y fenológico.

RESULTADOS

Se confirma nuestra Hipótesis de trabajo en cuanto a que existe una relación entre las variables climatológicas y fenológicas con la producción final de un huerto. Esto a través de los resultados obtenidos donde se plantea como mejor modelo de regresión para realizar esta tarea el uso de Deep Learning en el periodo fenológico de floración, esto al analizar el error promedio (MAE) del modelo de 8,6%. Este resultado se sustenta con la información agronómica que indica que el periodo de floración en manzanos corresponde al periodo crítico en donde los factores climatológicos y sus variaciones tienen una mayor incidencia en el desarrollo del frutal.

A través de este estudio se abren oportunidades de seguir adelante con este trabajo en base a integrar información de nuevos huertos productivos, el análisis de nuevas variedades de manzana y la inclusión de atributos relevantes para el desarrollo del frutal en otros periodos fenológicos como las variables de manejo agronómico.



Foto 1. Cosecha de manzanas Gala.



Foto 2. Descarte de fruta a cosecha.



Reporte Climático

Álvaro Sepúlveda | Laboratorio Ecofisiología Frutal | Centro de Pomáceas | Universidad de Talca.

RECESO INVERNAL Y BROTAÇÃO

La exposición del frutal a condiciones propias del invierno: baja temperatura, reducida radiación solar y abundantes lluvias, promueven los cambios necesarios en la yema para que continúe su ciclo de crecimiento en primavera.

Durante el invierno 2023 se registró una considerable cantidad de frío invernal, con el cual el frutal completa en forma adecuada su etapa de dormancia y se promueve una brotación regular, así



como una floración, abundante y concentrada. Por otra parte, con un invierno frío se esperaría contar con flores de calidad, de extenso período efectivo de polinización, y que conducirá a un alto porcentaje de cuaja. En conjunto con la acumulación de frío, el alza térmica de primavera determinará el avance de la fenología hasta floración.

El período comprendido entre el 1 de mayo y el 31 de julio de 2023 se caracterizó por una acumulación de frío menor al promedio de los últimos años, para ambos métodos de cálculo (Horas bajo 7 °C y Unidades Richardson), en las localidades monitoreadas (Cuadro 1). Sin embargo, según Richardson y considerando una caída masiva de hojas en los primeros días de mayo, que marca el inicio de la dormancia profunda y el recuento de frío, se cumplirían las necesidades de frío, incluso para los cultivares exigentes como Gala (\approx 1.150 unidades) en la mayor parte de las localidades.

Cuadro 1. Frío acumulado en Horas bajo 7 °C y Unidades Richardson, entre 1 de mayo al 31 de julio en los últimos años.

Localidad	Horas bajo 7 °C							Unidades Richardson						
	Prom. 2012-2022	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Prom. 2012-2022	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Graneros	865	862	706	704	869	557	821	1.000	991	1.057	1.125	900	1.155	923
Morza	895	924	714	825	844	617	838	1.223	1.150	1.263	1.191	1.136	1.386	1.101
Los Niches	907	838	751	903	960	687	821	1.261	1.141	1.356	1.280	1.249	1.391	1.089
Sagrada Familia	702	713	584	753	684	556	753	1.130	1.131	1.159	1.076	1.112	1.334	965
San Clemente	810	751	647	815	843	626	857	1.272	1.308	1.315	1.254	1.219	1.516	1.227
Linares	859	793	683	846	742	680	882	1.332	1.346	1.367	1.324	1.225	1.373	1.198
Chillán	750	788	720	636	798	803	763	1.253	1.219	1.288	1.280	1.123	1.426	1.191
Mulchén	726	716	690	744	751	609	764	1.305	1.317	1.398	1.419	1.281	1.482	1.164
Angol	693	558	619	789	857	664	726	1.304	1.382	1.328	1.276	1.275	1.454	1.210
Temuco	785	573	667	679	710	650	800	1.331	1.361	1.299	1.372	1.298	1.432	1.213

Cuadro 2. Acumulación térmica en Grados hora (GDH) y Grados día en base 10 (GD 10), desde el 1 de agosto al 30 de septiembre.

Localidad	GDH									
	Prom. 2012-2022	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Graneros	9.024	9.189	10.185	7.724	8.848	9.602	9.677	8.683	8.281	9.330
Morza	7.211	7.406	8.202	6.240	6.710	7.320	6.994	7.467	7.347	8.211
Los Niches	7.307	7.670	9.124	6.963	6.585	7.424	7.100	6.879	6.714	7.763
Sagrada Familia	8.887	9.460	10.680	7.888	8.937	8.676	8.553	8.843	8.056	10.117
San Clemente	7.506	7.559	9.755	6.798	7.169	7.298	7.177	7.793	6.499	7.990
Renaico	7.531	7.431	9.602	6.108	7.340	7.384	6.935	8.006	7.439	6.882
GD										
Graneros	162	152	198	126	154	184	182	153	145	148
Morza	110	102	136	86	99	117	113	117	111	119
Los Niches	111	107	159	104	98	111	105	101	101	114
Sagrada Familia	139	144	191	117	111	137	133	152	125	159
San Clemente	112	101	164	95	105	107	107	127	93	110
Renaico	105	96	152	74	96	105	92	116	109	90

Una vez cumplidas las necesidades de frío referenciales según especie y cultivar, el avance fenológico de las yemas estará determinado por la exposición a mayores temperaturas en primavera. Para cuantificarlo existen diversos métodos, siendo los más utilizados los Grados Día (GD; con una temperatura base de 10 °C) y los Grados Hora de Crecimiento (GDH; con temperatura base de 4,5 °C). Hay

que tener en cuenta que las necesidades térmicas variarán de acuerdo con la cantidad de frío acumulado en invierno. Así, con poco frío invernal aumenta la cantidad de grados de calor necesaria para alcanzar brotación y floración.

La acumulación térmica desde el 1 de agosto al 30 de septiembre, como período referencial de la ecodormancia y avance de la brotación hasta flora-

ción, se muestra en el Cuadro 2. Esta ha sido variable respecto al promedio de los últimos años, dependiendo de la localidad. Agosto comenzó con alta acumulación, pero fue normalizándose (Figura 1). Las lluvias de la segunda quincena de agosto y la primera de septiembre generaron un ambiente más moderado, con menos unidades de calor. Con ello, el avance fenológico de las yemas se ralentizó (Foto 1)

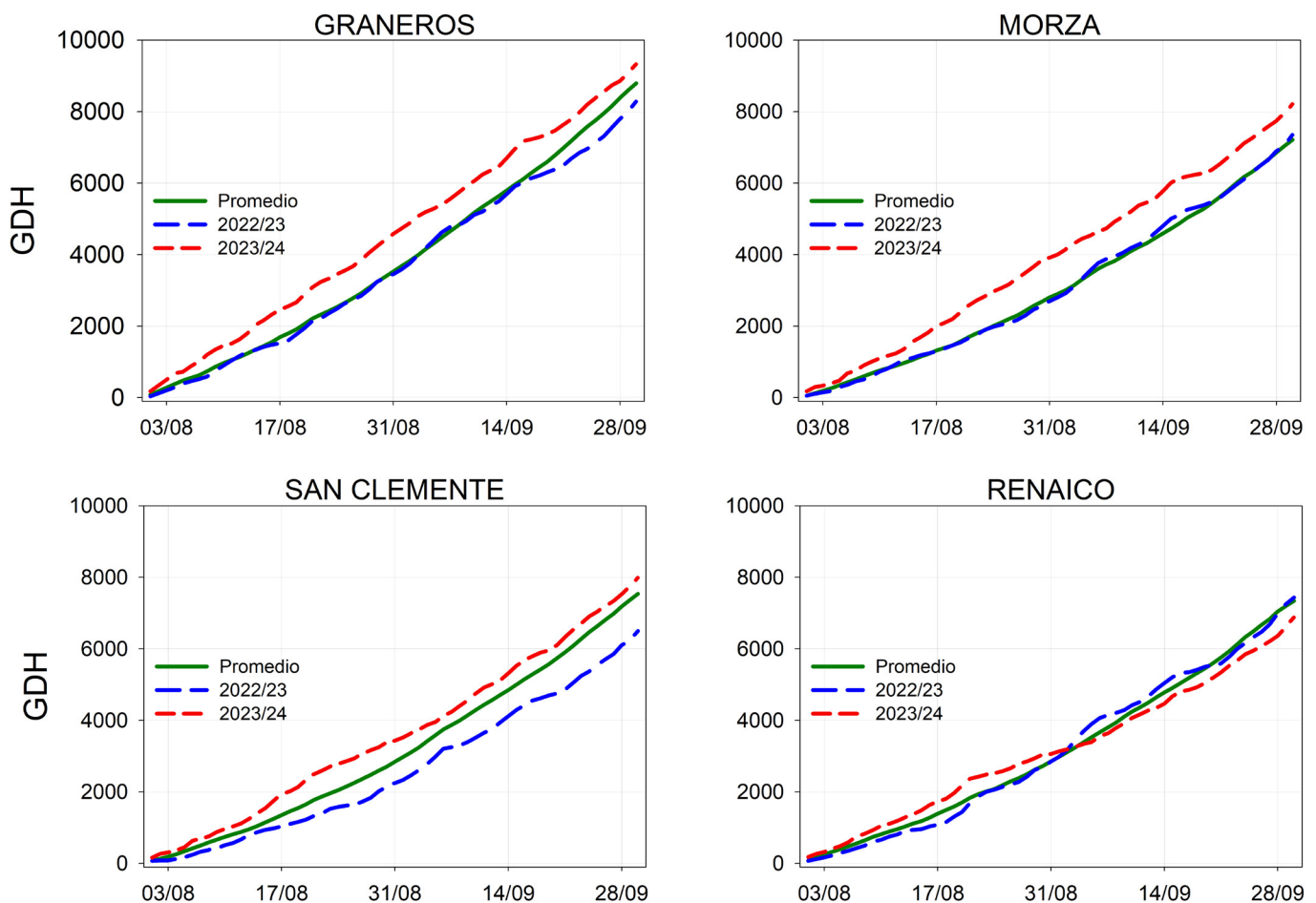


Figura 1. Acumulación térmica en GDH entre el 1 de agosto al 30 de septiembre, en 4 localidades.



Foto 1. Cerezos Lapins el 27/09/22 (izquierda) y 25/09/23 (derecha), en Talca. Región del Maule.

En floración, en días con bajas temperaturas y días nublados podrían resultar perjudicial para la polinización. Sin embargo, temperaturas moderadas pueden mantener la receptividad del estigma y la viabilidad del óvulo en la flor. Por el contrario, además de limitar la actividad de las abejas, no favorecen el porcentaje de germinación del polen y ralentizan el crecimiento del tubo polínico.

Temperatura del aire sobre 14 °C y radiación solar mayor a 300 W/m², sin fuerte viento, se consideran condiciones óptimas para el vuelo de abejas

La cantidad de horas que cumplieron estas condiciones entre el 16 y 25 de septiembre (10 días), se muestra en el Cuadro 3. En este período durante el 2023, la suma de horas de vuelo de abejas fue bajo, en la mayor parte de las localidades monitoreadas. En estas condiciones será relevante cruzar esta información con las fechas de floración; de no registrarse vuelo de abejas en plena flor y los días sucesivos, se puede comprometer la cuaja. Diferencias entre la ocurrencia de floración del cultivar y polinizante, por el limitado frío invernal, pueden asimismo afectar la polinización y fertilización de las

flores. Del mismo modo, diferencias en ocurrencia de la floración con el crecimiento foliar puede afectar la distribución de los carbohidratos, y con ello, producir caída de frutitos. La proyección de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) para el trimestre septiembre-octubre-noviembre, indica predominio de temperaturas máximas en el rango normal a sobre lo normal y mínimas bajo lo normal para toda la zona entre O'Higgins y Los Ríos. Sin embargo, no se esperan heladas por la influencia de El Niño. Con ello, si se pronostican precipitaciones en torno a lo normal y sobre lo normal.

Cuadro 3. Horas para vuelo de abejas (temperatura >15 °C y radiación solar >300 W/m²), en algunas localidades.

Localidad	Prom. 2015-2022	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Graneros	41,5	21	50	42	22	62	66	50	19	26
Morza	33,3	26	53	27	14	46	56	22	22	18
Los Niches	33,6	-	51	37	20	38	44	30	15	20
Sagrada Familia	45,0	31	56	45	38	52	60	50	28	35
San Clemente	34,5	30	26	43	22	44	55	40	16	24
Renaico	38,1	27	47	42	19	51	56	49	14	15

Reporte de Actividades



► **Docencia**
Dra. Gilda Carrasco en la presentación de nombramiento de profesor titular. 31.07.23.



► **Visita**
Javier Sánchez del CP junto a Jimena Balic, Leticia Rojas y Álvaro Castro de UC Davis Chile. 02.08.23



► **Evento**
El CP asistiendo al evento de cierre de temporada de AgroReyes. 03.08.23



► **Ensayos**
Martín Manescotto, Selma Rogalska, Pedro Lage de Lallemand Plant Care, junto a Mauricio Fuentes y Javier Sánchez del CP. 07.08.23.



► **Visita**
Álvaro Rojas, ex Rector de la U Talca, de visita en el CP. 08.08.23



► **Visita**
Sergio Rebolledo y Humberto Salas de SQM de visita en el CP junto a Loreto Arenas y J.A. Yuri. 09.08.23



► **Eventos**
Álvaro Sepúlveda, Mariana Moya, Miguel Palma y Agustín Badilla del CP en PEC Cherry Conference. 10.08.23.



► **Visita**
Colegio de enseñanza media Criptocarya alba de visita en el CP. 17.08.23.



► **Ensayos**
Ricardo Rojas de Bayer Chile junto a Miguel Palma del CP, Pencahue. 08.09.23.



► **Docencia**
Defensa memoria alumno de agronomía Alonso Beltrand. 26.09.23



► El CP ha publicado en el último periodo artículos técnicos, disponibles en su página web (<http://pomaceas.otalca.cl>).



POMÁCEAS
Boletín Técnico editado por el Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, de aparición periódica, gratuita.
© 2023-Derechos Reservados Universidad de Talca.
Representante Legal: Dr. Carlos Torres, Rector.

Director: Dr. José Antonio Yuri, Director Centro de Pomáceas.
Editores: Mauricio Fuentes - José Antonio Yuri.
Dirección: Avenida Lircay s/n Talca. Fono 71-2200366 | E-mail: pomaceas@otalca.cl.
Sitio Web: <http://pomaceas.otalca.cl>.