

# PAPEL DE LAS HORMONAS VEGETALES EN LA INTERACCIÓN DE LAS PLANTAS CON EL AMBIENTE Y SUS APLICACIONES EN EL SECTOR SOCIO-PRODUCTIVO<sup>1</sup>

**Palabras clave:** fisiología vegetal, hormonas vegetales, giberelinas, yerba mate, *Ilex paraguariensis*, Malbec.  
**Key words:** plant physiology; plant hormones; gibberellin; Mate-tee; *Ilex paraguariensis*; Malbec.

El autor nos muestra como la ciencia es capaz de potenciar las capacidades agrotecnológicas del país, a través de una importante interacción entre científicos y productores agropecuarios.

■ **Rubén Bottini**

Investigador Superior Emérito, CONICET

rbottini48@gmail.com

<sup>1</sup> Editora asignada: **Silvia Braslavsky**

## ■ **PORQUÉ ME DEDIQUÉ A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

Durante más de cinco décadas he desarrollado trabajo científico-académico con dedicación exclusiva. A consecuencia de la gentil invitación de una amiga de muchos años, la Prof. Silvia Braslavsky, intentaré hacer una reseña de mis actividades y (posibles) logros en esos trabajos. Como costumbre de aplicar (a sabiendas o no) el método científico, considero que mi primera tarea es la de proponer las razones causales de esa vocación.

Nací y me crié en el campo, en el sur de la provincia de Córdoba, donde cursé la escuela primaria en una

escuelita (expresado tanto en sentido afectivo como de dimensión) rural, a la que concurría a caballo. Parado en la llanura pampeana tenía la dimensión expresada por Echeverría ...*el desierto, incommensurable, abierto...*, a lo que podría sumar mi condición de hijo único, hasta el nacimiento más de siete años después de mi hermana. Esa combinación de vastedad y soledad (mis padres estaban imbuidos de sus responsabilidades laborales) me indujo al desarrollo (o la acentuación) de una naturaleza un tanto reflexiva pero de curiosidad permanente. Ya por ese entonces descubrí en la pequeña biblioteca de la escuela las novelas de Salgari y Verne, que describían mundos muy diferentes y una multi-

plicidad de vidas posibles. Eso exacerbó mi curiosidad, la que luego se vio reforzada en la escuela secundaria, donde en Química General de segundo año un cura salesiano nos mostró experimentalmente la electrólisis del agua. Más adelante, en Física de cuarto año, el profesor hizo que armáramos un péndulo de Foucault para verificar la rotación de la tierra sobre su eje. Cuando terminé el bachillerato mi única seguridad radicaba en que quería ir a la universidad, aunque mis inclinaciones variaban entre historia, literatura, física nuclear y agronomía. Me incliné por esta última por razones de comodidad y (presunta) seguridad laboral. En la ciudad de residencia (Río Cuarto) había una

universidad privada con la carrera de agronomía. Allí tuve experiencias variadas, pero la que más me marcó fue el cursado de Fisiología Vegetal. Fue nuestro profesor el Dr. Ricardo Manuel Tizio quien, recién regresado de una estadía en Francia en el laboratorio de Roger Gautheret en el Instituto Pasteur, dedicó todo un mes intensivo (9 horas diarias) en explicarnos tanto la fisiología como la bioquímica de las plantas, con énfasis en la respuesta al ambiente. Nos describió la síntesis de proteínas de acuerdo a los postulados de Jacob y Monod, que habían sido recientemente (1965) galardonados con el Premio Nobel de Fisiología - Medicina. Además nos introdujo al mundo de las hormonas vegetales y sus efectos formativos verificados mediante experimentos prácticos (enraizado de estacas, brotado de yemas). Especialmente el de las giberelinas, de las que a la fecha sólo se conocía la estructura química de 6 diferentes. A partir de ese momento, el germen de la búsqueda del porqué de la respuesta vegetal al ambiente estuvo firmemente instalado en mis inquietudes intelectuales.

#### ■ PRIMEROS PASOS: INTA, UNRC, ESTUDIO DE LA DORMICIÓN EN YEMAS FLORALES DE DURAZNERO E HIPÓTESIS DEL PAPEL HORMONAL

Luego de recibido, con 22 años recién cumplidos, ingresé al INTA en la Estación Experimental Regional de Marcos Juárez, donde me hice cargo de la conducción local de los experimentos de la Red Nacional de Ensayos Territoriales, y de dictar charlas de divulgación a productores sobre diversos cultivos zonales. Las tareas, la más de las veces rutinarias, no me satisfacían enteramente, lo que me llevó a buscar nuevos horizontes. Por ese entonces en Río Cuarto se había creado una universidad nacional con una impronta

agro-tecnológica, en base al modelo de casa de estudios anglosajón, es decir un campus único con departamentos por agrupaciones disciplinarias, que desarrollaban investigaciones y daban servicios de docencia de grado a diversas carreras. Es así que en mayo de 1973 me incorporé como ayudante de primera de dedicación exclusiva en la orientación Fisiología Vegetal del Departamento de Ciencias Biológicas de la UNRC.

Es de señalar que esos años fueron de cambios políticos con gran impacto en las actividades académico-científicas. Luego de la asunción del nuevo gobierno a fines de mayo de 1973, todos los docentes fuimos declarados en comisión, es decir pasamos a tener carácter de interinos y, en el caso de la UNRC, el proyecto de construcción del Campus Universitario se suspendió y el funcionamiento continuó en las instalaciones provisionales donde habían comenzado. En lo estrictamente científico se vivían situaciones ambivalentes, tales como la recepción de equipamiento e insumos de avanzada (comprados y pagados previamente), con la interrupción brusca de la recepción de revistas científicas (el criterio declarado es que la literatura debía ser en castellano). A muchos docentes-investigadores, especialmente del Departamento de Ciencias Humanas) no se les renovó contrato. Recuerdo las navidades de 1974 donde debimos escuchar una emisión especial de la radio local (en ese entonces sólo existía una radio AM); si nuestro nombre era mencionado significaba que nuestra designación había sido prorrogada, caso contrario estábamos fuera del sistema. A eso se sumaron las amenazas de la triple A, que indujeron a otros profesores muy calificados de ciencias naturales a emigrar. Además, el rector-interventor de ese momento decidió que el sistema de Departamentos con que la UNRC había sido

creada no era el adecuado y "para jerarquizar a la casa de estudios creó Facultades que agrupaban carreras...". Eso generó desconcierto ya que algunas orientaciones se dividieron en dos según dieran clases para una u otra facultad. En el caso de la orientación Fisiología Vegetal decidimos permanecer como una unidad dentro de la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, dictando la asignatura para todas las carreras. La situación se agravó tras el golpe militar de 1976 ya que tres meses después nuestro profesor titular (Ing. Agr. Néstor Correa) fue dejado cesante. Posteriormente, en 1977, fue incorporado el Dr. Ricardo M. Tizio (que había sido echado de la Universidad Nacional de Cuyo). Esta situación de precariedad se fue morigerando con la declinación del gobierno de facto y el advenimiento de la democracia.

Es en ese ambiente de constante zozobra que di los primeros pasos en mi carrera como docente-investigador, donde mis actividades se repartían entre dictar clases teóricas y prácticas en la asignatura Fisiología Vegetal para alumnos tanto de agronomía como de biología. En investigación, primero bajo la dirección del prof. Correa, solos después de su cesantía, los integrantes del grupo comenzamos a indagar sobre el control del brotado de yemas florales de duraznero en base a la hipótesis de que el proceso estaba controlado por un balance hormonal entre promotores (giberelinas) y un complejo (por ese entonces no específico) de sustancias que inhiben el crecimiento. Una síntesis del fruto de todo este trabajo, en diversas colaboraciones y circunstancias, quedó plasmado en las publicaciones de Reinoso *et al.* (2002a y 2002b). La hipótesis final que se confirmó es que las yemas florales de especies frutales como el duraznero tienen un modelo de reposo diferentes al de las

vegetativas, ya que nunca detienen su diferenciación la que se completa pocos días antes de floración, y que las hormonas giberelinas regulan estos procesos de diferenciación y crecimiento en forma diversa según la fenología del órgano.

### ■ PRIMERA ESTADÍA EN EL LABORATORIO DE DICK PHARIS: LAS GIBERELINAS

En todo el período antes descrito las principales carencias que se debieron enfrentar fueron la falta de equipamiento para abordar las técnicas de estudio requeridas, así como el entrenamiento para desarrollarlas. Además, debimos en no pocos casos asumir la situación de “autoformación” a través del análisis bibliográfico y nuestro propio criterio. Proponer hipótesis, diseñar experimentos y ejecutarlos, analizar los resultados, escribir un manuscrito en inglés y obtener una publicación demandaba un esfuerzo constante, en una situación de conmoción personal, académica y político-social. Así es que me conecté con referentes internacionales, y quien me dio una respuesta alentadora fue el Prof. Richard (Dick) P. Pharis, del Biology Department, The University of Calgary, Canada. En marzo de 1983 comencé una estadía de 13 meses en su laboratorio con una beca del NRC (Consejo Nacional de Investigaciones de Canadá) y licencia con goce de haberes de la UNRC. Allí me enfrenté al desafío de manejar un HPLC conectado a un detector de radioactividad en línea, previo desarrollar diversos pasos de extracción, pre- y post- purificación de muestras con evaluaciones intermedias de actividad biológica y, en el departamento de Química de la misma universidad, identificar giberelinas con un cromatógrafo de gases capilar acoplado a un espectrómetro de masas. Esto me permitió identificar molecularmente y delinear un modelo de metabolismo de estas hormonas

utilizando como herramienta experimental embriones inmaduros de damasco alimentados con precursores marcados radioactivamente. De ahí resultó la publicación Bottini *et al.* (1985) que considero fue el primer hito importante en mi carrera científica. Asimismo, significó el inicio de una relación de colaboración internacional que prácticamente duró hasta el fallecimiento de Dick en junio de 2018.

### ■ TESIS DOCTORAL, UN DESAFÍO HACIA LA EXCELENCIA

A mi regreso de Canadá, en abril de 1984, concreté mi ingreso a la CIC de CONICET (concedido a fines de 1982 pero postergado en razón de mi beca en Canadá). Inmediatamente consideré el desafío de concretar una tesis doctoral basada en mi experiencia y resultados obtenidos durante mi estadía en el laboratorio de Dick. Me inscribí en el recientemente creado doctorado en Ciencias Biológicas de la UNRC, rendí el ingreso, cursé las asignaturas obligatorias y conseguí la acreditación de cursos y estadías de postgrados previos. En Julio de 1984 dediqué el mes entero a la escritura del primer borrador de tesis, el que una vez corregido por mi director (el Dr. Tizio, por ese entonces re-incorporado a su Cátedra en Mendoza), la que defendí exitosamente en julio de 1985.

A partir de ese momento me dediqué a la formación de un grupo de trabajo referente en trabajos del papel de las hormonas vegetales en las respuestas de las plantas al ambiente.

### ■ DOCENTE-INVESTIGADOR EN LA UNRC Y “VISITING SCHOLAR” EN CENTROS EXTRANJEROS, UNA NECESIDAD OPERATIVA

Una constante de los trabajos desarrollados a lo largo de mi carrera científica fue la utilización de herra-

mientas de físico-química, combinadas con bioquímica y fisiología. Esto implicaba una carencia de instrumental a la que no tenía acceso en el país (mis intentos de acceder a facilidades de GC-MS en la UBA fueron infructuosos), por lo que desarrollé una serie de vínculos con laboratorios del extranjero (en Italia, Canadá y EE.UU.) a los que visité periódicamente, y de los que dan cuenta mis publicaciones en colaboración.

### ■ ENFOQUE MULTICAUSAL DE LAS RESPUESTAS DE PLANTAS DE CULTIVO A LOS FACTORES AMBIENTALES, BIÓTICOS Y ABIÓTICOS

A lo largo de mi carrera he realizado una labor original de investigación científica que me ubicó como referente nacional, con trascendencia internacional, en el estudio del metabolismo de las hormonas vegetales giberelinas y ácido abscísico, y el papel de éstas y otras fitohormonas como intermediarios en la respuesta de las plantas a factores tanto abióticos como bióticos.

Esto se destaca en las líneas de trabajo con las contribuciones científicas más importantes de mi carrera (que incluyen las más citadas), donde se han hecho aportes pioneros y/o sustanciales a la comprensión del papel de las fitohormonas en mecanismos fisiológicos. En el desarrollo de esta línea de trabajo se concretaron las tesis doctorales de M. Virginia Luna (1993. Investigadora Principal CONICET, jubilada) y Herminda Reinoso (1998, Profesora Asociada de Botánica, UNRC, jubilada). A los logros ya señalados respecto de la dormición de yemas florales de duraznero se agregan:

1. “Mecanismos de promoción del crecimiento vegetal por parte de bacterias de suelo y endofíticas”, en Bottini y col. (1989) informa-

- mos que líneas puras de bacterias de suelo fijadoras de nitrógeno de "vida libre" sintetizaron giberelinas en medios de cultivo asépticos y químicamente definidos (es decir sin sustrato de origen biológico). Estos hallazgos fueron repetidos y sus implicaciones discutidas en numerosos trabajos de los que se destacan Bastián y col. (1998), Bottini y col. (2004). Se concretaron las tesis doctorales de Mónica Fulchieri (1992, sector privado), Carlos Lucangeli (1997, sector privado), Patricia Piccoli (Investigadora Principal CONICET jubilada), Fabiola Bastián (2000, Profesora en la Universidad de Lyon Francia), Fabricio Cassán (Investigador Principal CONICET), Ana C. Cohen (2006, Investigadora Adjunta CONICET). Todos estos trabajos constituyeron aportes científicos para la posterior generación de bioestimulantes (Bottini y col. 2023).
2. "Interpretación de señales lumínicas. Los efectos tanto de la intensidad" (Clúa y col. 1996) como la calidad (Folta y col. 2003) de la luz incidente, fueron analizados en especies herbáceas y leñosas. Los resultados obtenidos sostienen la hipótesis de que la regulación de diversos pasos metabólicos (Berli y col. 2011; Gil y col. 2012 y 2013), respuestas fisiológicas (Boccalandro y col. 2012) y el crecimiento (Volmaro y col. 1998) vegetal en respuesta a señales ambientales lumínicas están mediatizados por hormonas. Se concretó el doctorado de Mariela A. Pontin (2005; Investigadora INTA EEA La Consulta, Mendoza).
  3. Mecanismos de respuesta a estreses abióticos. Se conoce desde tiempos ancestrales que determinadas situaciones de penuria ambiental favorecen la calidad de algunos productos de cosecha, tales como la de uvas para vinificación. En este sentido, una parte sustancial de mis esfuerzos en los trabajos se centraron en la respuesta de la vid a la radiación UV-B, tanto usando métodos de expresión génica (Pontin y col. 2010) como bioquímica (Berli y col. 2010). Comprobamos que la respuesta de vides del cultivar Malbec (emblemático de la viticultura argentina) consiste en exacerbar el metabolismo de polifenoles y terpenos, característica que se transmite a los vinos obtenidos dando cuenta de la calidad distintiva de los mismos. Parte de estos efectos son mediados por la hormona ácido abscísico (Alonso y col. 2021). Asimismo, estos estudios permitieron el desarrollo de otros de tipo químico y organoléptico para la caracterización de diferentes "terroir" (Urvieta y col. 2021). También estudiamos los efectos de la exposición a vientos y déficit hídrico sobre crecimiento y composición de uvas para vinificar en Malbec y Cabernet Sauvignon (Alonso y col. 2024). Se concretaron las tesis doctorales de Federico Berli (2011; Investigador Independiente CONICET, fallecido) y Rodrigo Alonso (2017; Investigador Asistente CONICET).
  4. Aprovechamiento de residuos de la agroindustria vitivinícola. Como consecuencia del trabajo en colaboración con la industria vitivinícola, surgió la idea de dar una solución al problema de la acumulación de residuos por parte de la misma. El concepto desarrollado fue hacer de un problema una oportunidad. Es así que los trabajos se orientaron a la caracterización analítica (Fontana y col. 2013) y probar el efecto sobre sistemas biológicos con aplicación en salud humana (Antoniolli y col. 2015; Rodríguez Lanzi y col. 2016). Andrea Antoniolli desarrolló su tesis doctoral en esta temática (2017; Profesora Asociada UNRC).
  5. Promoción de crecimiento y productividad por ácido abscísico en situaciones de estrés. En la búsqueda de entender el control de la brotación y el crecimiento de yerba mate se exploró la acción de diversos reguladores del crecimiento. Los resultados llevaron a aceptar la hipótesis de que el ácido abscísico, usualmente considerado un retractor del crecimiento, con frecuencia tiene efectos promotores a través de un mecanismo de disminución del estrés hídrico (por cierre parcial de estomas), lo que favorece la turgencia celular motorizando su expansión. Se estudió en yerba mate (Sansberro y col. 2004), trigo (Travaglia y col. 2007), soja (Travaglia y col. 2009), vid (Quiroga y col. 2009) y arabidopsis (Cohen y col. 2015). Esto resultó en las tesis doctorales de Pedro Sansberro (2000; Investigador Principal CONICET), Claudia Travaglia (2009; Investigadora Adjunta CONICET) y Mariela Quiroga (2009; Profesora Asociada UNSL).
  6. Regulación del transporte de asimilados. Asimismo se demostró que las giberelinas y el ácido abscísico están involucrados en la distribución de asimilados hacia destinos preferenciales en respuesta a situaciones de adversidad ambiental (Moreno y col. 2011), a través de mecanismos de incremento en los vasos de conducción y la actividad de transportadores de membrana

(Murcia y col. 2015). Daniela Moreno realizó su tesis doctoral en este tema (2011; Profesora Titular UNCuyo).

### ■ LA UNCUIYO, UNA NUEVA ETAPA Y UN DESAFÍO MÚLTIPLE

La actividad de investigación antes descrita se desarrolló en la UNRC (1973-2001, desde Ayudante de primera a Profesor Titular Efectivo) y posteriormente continuó en la UNCuyo (2002-2017, Profesor Titular Efectivo). Por razones de índole personal, en 2001 concursé (y obtuve) el cargo de profesor ordinario en la Cátedra de Química Orgánica y Biológica, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. Al hacerme cargo en 2002, me vi enfrentado a los desafíos de: 1) conformar una Cátedra que indujera a los estudiantes a abordar conocimientos básicos de Química Orgánica e integrarlos para la comprensión de la bioquímica de las células vegetales en un contexto de funcionalidad; 2) organizar un grupo de trabajo que, continuando con la experticia de las hormonas vegetales se pudiera aplicar en la comprensión de la producción vitivinícola. Para ambos desafíos las condiciones iniciales eran paupérrimas: cuatro docentes auxiliares con semi-dedicación preparados para dictar una Química Orgánica clásica y luego una Química Biológica sin contexto vegetal, un gran laboratorio con un colorímetro, un baño de incubación y una heladera familiar. Después de reformular completamente el programa de la asignatura (pasó de Química Orgánica y Biológica a Química de la Célula Vegetal), comencé un programa de incorporación de recursos humanos nóveles a través de becas ANPCyT, CONICET e ingresos a la CIC, complementados con dedicaciones simples como ayudantes de primera a medida que los docentes pre-existentes se acogían a los be-

neficios jubilatorios o se trasladaban a otras cátedras de la Facultad. Asimismo, mediante un PME y diversos PICT y PICTE, se fue incrementando el equipamiento disponible (HPLC-DAD; GC-MS, etc.). Cuando me jubilé a fines de 2017, la Cátedra (y por ende el grupo de investigación) estaba integrado por dos profesoras asociadas (ambas Investigadoras Principales), tres profesores adjuntos (un Investigador Adjunto, una Investigadora Asistente), y cinco JTP (un Investigador Adjunto, dos Investigadores Asistentes, una Investigadora INTA, un becario Postdoc), todos con doctorados CONEAU A de las UNRC, UNSL, UNCuyo.

### ■ LA CONEXIÓN CON EL SECTOR SOCIO-PRODUCTIVO; INVESTIGAR EN EL SITIO DE PRODUCCIÓN

Una de las constantes que predominaron en mis tareas de investigación ha sido la de usar como herramienta de estudio especies cultivadas: frutales de carozo, cereales, oleaginosas, yerba mate y vid. En trabajos en colaboración se ha recurrido a especies modelo (arabidopsis, lechuga cv. Grand Rapids, *Lotus tenuis*, o cultivos bacterianos), pero siempre como parte de proyectos más amplios con especies de interés agroindustrial. Esto obedeció por una parte al interés genuino de que las condiciones que da el productor "a campo" son las relevantes para obtener conclusiones, de modo de evitar extrapolaciones forzadas; por otra parte, superados algunos problemas de logística, se facilita la atención de los experimentos en épocas del año en que las instituciones académicas están de receso; finalmente, hacer experimentos codo a codo con el productor es una manera de transferencia rápida inculcando conciencia de la falibilidad del conocimiento generado. Es de destacar que algunos de los doctorados obte-

nidos por miembros del equipo fueron mediante becas cofinanciadas CONICET-empresa (Bodega Catena Zapata, 4 becas), o con proyectos financiados por empresas (Bodegas Andeluna y Zuccardi).

### ■ LA CONCRECIÓN DE APORTES INSTITUCIONALES, CREACIÓN DEL IBAM

A la vez que mi laboratorio en Agrarias de la UNCuyo se iba consolidando, me aboqué a incentivar e integrar los recursos humanos de excelencia en I+D de la propia facultad y con los de INTA (EEA Mendoza, distante medio km) para proponer a CONICET un instituto de investigaciones. Luego de trabajo mancomunado con otros investigadores y becarios y gestiones institucionales, en noviembre de 2009 se concretó la creación del Instituto de Biología Agrícola de Mendoza (IBAM) de doble dependencia CONICET-UNCuyo. Fui su primer director interino (2009-2012) y luego por concurso (2013-2017). Durante esos períodos se puso énfasis en la construcción de infraestructura edilicia (ANPCyT, CONICET, UNCuyo), obtención de equipamiento a través de PICTE y PME, formación de recursos humanos de excelencia (postulación de becarios e ingresos a la CIC avalados por el instituto), y consolidación de equipos de trabajo (clasificación de los mismos a través de evaluaciones externas por parte de Investigadores Superiores).

### ■ EL DESAFÍO DE INTEGRAR CONICET A LA SOCIEDAD QUE LO SOSTIENE

Durante el período 2014-2016 me hice cargo de la dirección del Centro Científico Tecnológico (CCT) CONICET Mendoza. Durante ese período, además de atender las necesidades administrativas institucionales, fomenté la relación con el gobierno

de Mendoza integrando un comité asesor de las Honorables Cámaras de Diputados y Senadores que dio lugar a una ley de salud reproductiva femenina, convoqué al Comité Asesor del CCT CONICET Mendoza (previsto en los estatutos pero raramente integrado a nivel país) con la participación de representantes de los sectores socio-productivos y organismos gubernamentales, promoví que reuniones alternadas del CD del CCT se desarrollaran en el ámbito y con la participación parcial de los Consejos de las UE, propuse la creación de un comité de ética (general) para el CCT que se concretó luego de finalizado mi mandato.

#### ■ LA UMAZA, COLABORAR DESDE LA EXPERIENCIA

Después de mi jubilación a fines de 2017, si bien continué colaborando en aspectos intelectuales, no seguí mis actividades regulares, tanto a nivel de mi grupo de trabajo como del instituto. Preferí alejarme bajo el concepto de que mi actividad ya estaba cumplida. Sí pedí a CONICET un contrato *ad honorem* para colaborar con la Universidad Juan A. Maza, en la creación de una unidad ejecutora de doble dependencia con CONICET. Decidí volcar mi experiencia en ayudar a esta institución privada que, desde 1962, forma a los bioquímicos que trabajan en la región o que, a través de becas CONICET, terminan formando los cuadros de la UNCuyo o de UE del CCT Mendoza. La tarea no fue exitosa (a mi probable incompetencia se sumaron decisiones políticas de la propia institución, la pandemia, la situación socio-económica) y, después de seis años, abandoné la empresa.

#### ■ TECNOLOGÍA, EMPIRISMO Y FORMACIÓN CRÍTICA, LAS DIRECTRICES DE UN MUNDO DEL CONOCIMIENTO EN EXPANSIÓN

Es de buen sentido común inferir que la humanidad (como *Homo sapiens*) ha prevalecido y colonizado la casi integridad de nuestro planeta mediante la aplicación del conocimiento con fines funcionales a nuestros intereses como especie (tecnología). El conocimiento fue primero empírico, pero con el tiempo se desarrolló conocimiento científico, donde es evidente la retroalimentación. Hasta el siglo XVII el conocimiento avanzó con el criterio de estudiar el pasado con el concepto que las “verdades” se revelaban como dictados de una entidad superior, y se experimentaban según algún artilugio de prueba y error. Luego que Locke planteara el empirismo (la mente humana es una *tabula rasa* que aprende de la experiencia), a la aceptación de las ideas de Kepler y Galileo y el consecuente desarrollo de la física newtoniana, le siguió la primera revolución industrial, donde ciencia y tecnología se fueron potenciando. Como resultado, los datos fiables que contamos al día de hoy nos señalan que la población mundial se triplicó en 18 siglos, pero en sólo los dos últimos se multiplicó por 8. Asistimos a una posmodernidad donde la inteligencia artificial y demás avances tecnológicos nos embargan en una confusión de información. Sólo la prevalencia de un espíritu crítico que nos permita diferenciar entre lo real y lo simulado (no es infrecuente la “fake science”) y una estricta ética científica nos ayudarán a superar esa confusión. De ahí la importancia extrema de hacer hincapié en la formación de recursos humanos a nivel de postgrado imbuidos de estos valores.

#### ■ LITERATURA CITADA

- Alonso R, Muñoz F, Bottini R, Piccoli P, Berli FJ. 2024. Effects of Wind Exposure and Deficit Irrigation on Vegetative Growth, Yield Components and Berry Composition of Malbec and Cabernet Sauvignon. *Plants* 13, 1292. <https://doi.org/10.3390/plants13101292>.
- Alonso RE, Berli FJ, Fontana AR, Piccoli PN, Bottini R. 2021. Absciscic acid role in the modulation of compounds that contribute to the wine quality. *Plants* 10, 938-958. doi.org/10.3390/plants10050938.
- Antonioli A, Fontana A, Piccoli P, Bottini R. 2015. Characterisation of polyphenols and evaluation of antioxidant capacity in grape pomace of the cv. Malbec. *Food Chem.* 178, 172-178. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.01.082.
- Bastián F, Cohen A, Piccoli P, Luna V, Baraldi R, Bottini R. 1998. Production of indole-3-acetic acid and gibberellins A1 and A3 by *Acetobacter diazotrophicus* and *Herbaspirillum seropedicae* in chemically-defined culture media. *Plant Growth Regul.* 24, 7-11. <https://doi.org/10.1023/A:1005964031159>.
- Berli F, Fanzone M, Piccoli P, Bottini R. 2011. Solar UV-B and ABA are involved in phenol metabolism of *Vitis vinifera* L. increasing biosynthesis of berry skin polyphenols. *J. Agric. Food Chem.* 59, 4874-4884. DOI: 10.1021/jf200040z.
- Berli F J, Moreno D, Piccoli P, Hespanhol-Viana L, Bressan-Smith R, Silva MF, Cavagnaro JB, Bottini R. 2010. Absciscic acid is involved in the response of grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Malbec leaf tissues to ultraviolet-B radiation by enhancing ultraviolet-absorbing compounds, antioxidant enzymes and mem-

- brane sterols. *Plant Cell Environ.* 33, 1-10. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2009.02044.x.
- Boccalandro HE, Giordano CV, Ploschuk EL, Piccoli PN, Bottini R, Casal JJ. 2012. Phototropins and not cryptochromes mediate the blue light-specific response of stomatal conductance but both promote photosynthesis and transpiration under full sunlight in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 158, 1-10. DOI: 10.1104/pp.111.187237.
  - Bottini R, A de Bottini G, Koshioka M, Pharis RP, Coombe BG. 1985. Identification of gibberellins A1, A5, A29, and A32, from immature seeds of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Plant Physiol.* 78, 417-419. DOI: 10.1104/pp.78.2.417.
  - Bottini R, Berli FJ, Salomon MV, Piccoli PN. 2023. Phytohormonal Role of Microorganisms Involved in Bioinoculants. In: Maheshwari, D.K., Dheeman, S. (eds) Sustainable Agrobiotechnology. Microorganisms for Sustainability, vol 43. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-9570-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-19-9570-5_5).
  - Bottini R, Cassán F, Piccoli P. 2004. Gibberelin production by bacteria and its involvement in plant growth promotion and yield increase. *Appl Microbiol Biotechnol.* 65, 497-503. DOI: 10.1007/s00253-004-1696-1.
  - Clúa A, Bottini R, Brocchi GN, Bogino J, Luna V, Montaldi ER 1996. Growth habit of *Lotus tenuis* shoots and the influence of photosynthetic photon flux density, sucrose and endogenous levels of gibberellins A1 and A3. *Physiol. Plant.* 98, 381-388. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1996.980221.x>.
  - Cohen AC, Bottini R, Pontin M, Berli F, Moreno D, Boccalandro H, Travaglia CN, Piccoli PN. 2015. *Azospirillum brasilense* ameliorates the response of *Arabidopsis thaliana* to drought mainly via enhancement of ABA levels. *Physiol. Plant.* 153, 79-90. DOI: 10.1111/ppl.12221.
  - Folta KM, Pontin M, Karlin-Neumann G, Bottini R, Spalding EP. 2003. Genomic and physiological studies demonstrate roles for auxin and gibberellin in the control of hypocotyls growth by blue light. *Plant J.* 36, 203-215. DOI: 10.1046/j.1365-3113x.2003.01870.x.
  - Fontana A, Antonioli A, Bottini R. 2013. Grape pomace as a sustainable source of bioactive compounds: extraction, characterization and biotechnological applications of phenolics. *J. Agric. Food Chem.* 61, 8987-9003. DOI: 10.1021/jf402586f.
  - Gil M, Bottini R, Berli F, Pontin M, Silva MF, Piccoli P. 2013. Volatile organic compounds characterized from grapevine (*Vitis vinifera* L.) berries increase at pre-harvest and in response to UV-B radiation. *Phytochem.* 96, 148-157. DOI: 10.1016/j.phytochem.2013.08.011.
  - Gil M, Pontin M, Berli F, Bottini R, Piccoli P. 2012. Metabolism of terpenes in the response of grape (*Vitis vinifera* L.) leaf tissues to UV-B radiation. *Phytochem.* 77, 89-98. DOI: 10.1016/j.phytochem.2011.12.011.
  - Moreno D, Berli F, Piccoli P, Bottini R. 2011. Gibberellins and abscisic acid promote carbon allocation in roots and berries of grape plants. *J. Plant Growth Regul.* 30, 220-228. DOI: 10.1007/s00344-010-9186-4.
  - Murcia G, Pontin M, Reinoso H, Baraldi R, Bertazza G, Gómez Talquenca S, Bottini R, Piccoli PN. 2015. ABA and GA3 increase carbon allocation in different organs of grapevine plants by inducing accumulation of non-structural carbohydrates in leaves, enhancement of phloem area and expression of sugar transporters. *Physiol. Plant.* 156, 323-337. DOI: 10.1111/ppl.12390.
  - Pontin M, Piccoli P, Francisco R, Bottini R, Martínez Zapater JM, Lijavetzky D. 2010. Transcriptome changes in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Malbec leaves induced by ultraviolet-B radiation. *BMC Plant Biol.* 10, 224-237. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-10-224>.
  - Reinoso H, Luna V, Pharis R, Bottini R. 2002a. Dormancy in peach (*Prunus persica* L.) flower buds V. Anatomy of bud development in relation to phenological stage. *Can. J. Bot.* 80, 664-674. DOI: 10.1139/b02-052.
  - Reinoso H, Luna V, Dauría C, Pharis R, Bottini R. 2002b. Dormancy in peach (*Prunus persica* L.) flower buds VI. Effects of gibberellins and an acylcyclohexanedione (trinexapac-ethyl) on bud morphogenesis in field experiments with orchard trees and on cuttings. *Can. J. Bot.* 80, 656-663. DOI: 10.1139/b02-051.
  - Rodríguez Lanzi MC, Perdicaro DJ, Antonioli A, Fontana AR, Miatello R, Bottini R, Vázquez M. 2016. Grape pomace and grape pomace extract improves insulin signalling in high-fat-fructose fed rats-induced metabolic syndrome. *Food & Funct.* 7, 1544-1553. <https://doi.org/10.1039/C5FO01065A>.
  - Sansberro P, Mroginski L, Bottini R. 2004. Foliar sprays with ABA promote growth of *Ilex paraguariensis* by alleviating diurnal water stress. *Plant Growth Regul.* 42, 105-111. <https://doi.org/10.1023/B:GROW.0000017476.12491.02>.

- Travaglia C, Cohen AC, Reinoso H, Castillo C, Bottini R. 2007. Exogenous abscisic acid increases carbohydrate accumulation and redistribution to the grains in wheat grown under field conditions of soil water restriction. J. Plant Growth Regul. 26, 285-289. <https://doi.org/10.1007/s00344-007-9018-3>.
- Urvieta R, Jones G, Buscema F, Bottini R, Fontana AR. 2021. Terroir and vintage discrimination of Malbec wines based on phenolic composition across multiple sites in Mendoza, Argentina. Scientific Rep. 11, 2863. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82306-0>.
- Volmaro C, Pontin M, Luna V, Baraldi R, Bottini R. 1998. Blue light control of hypocotyl elongation in etiolated seedlings of *Lactuca sativa* (L.) cv. Grand Rapids related to exogenous growth regulators and endogenous IAA, GA3 and abscisic acid. Plant Growth Regul. 26, 165-173. DOI: 10.1023/A:1006185416997.