SALAMANCA, Revista de Estudios, 68, 2024, pp. 123-137
ISSN: 0212-7105

LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA Y EL SECTOR AGRÍCOLA: CONTRIBUCIÓN DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN HISPANO LUSO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS (CIALE)

The University of Salamanca and the Agricultural Sector: Contribution of the Hispano-Luso Institute of Agrarian Research (CIALE)

José María Díaz Mínguez
Instituto de Investigación Hispano Luso de Investigaciones Agrarias (CIALE)

RESUMEN: El objetivo de este trabajo es resumir la aportación reciente de la Universidad de Salamanca al fomento de la agricultura de su entorno, representando dicha aportación en la misión, objetivos y líneas de trabajo del Instituto de Investigación Hispano Luso de Investigaciones Agrarias (CIALE). Se describen los antecedentes y la historia del CIALE desde su fundación, sus grupos de investigación, pasados y presentes, así como una síntesis de las principales aportaciones orientadas a la adaptación de la agricultura salmantina en particular, y la castellano-leonesa en general, a las prácticas agrícolas modernas.
PALABRAS CLAVE: Universidad de Salamanca; agricultura; investigación; CIALE.

ABSTRACT: The aim of this work is to summarize the recent contribution of the University of Salamanca to the improvement of agricultural practices developed in Salamanca and nearby provinces. This effort is represented by the mission, objectives and research developed at the Instituto de Investigación Hispano Luso de Investigaciones Agrarias (CIALE). Here we describe the background and the history of CIALE since its foundation, together with the research groups integrated in the Institute. Also, we describe the main contributions of each group directed to the adaptation of agriculture in Salamanca and Castilla y León to modern agricultural practices.
KEY WORDS: University of Salamanca; agriculture; research; CIALE.

1. LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA Y LA AGRONOMÍA

El año 2018 la Universidad de Salamanca celebró el 800 aniversario de su nacimiento. Con motivo de tan magno acontecimiento el servicio de Cursos Internacionales de la USAL elaboró una «orla» con 31 ilustres egresados de la Universidad de Salamanca. La tengo frente a mí y en ella figuran grandes personajes de las letras, la filosofía, el derecho, la teología, las humanidades en general y algunos políticos bien conocidos. De entre todos ellos sólo dos podrían ser considerados científicos. Abraham Zacut, que publicó obras de relevancia en astronomía (*La Gran Composición* y el *Almanach perpetuum*) y Diego Torres de Villarroel, quien ocupó la cátedra de Matemáticas en 1726. Esta cátedra era considerada de las «raras» y tenía un prestigio y sueldo menores que las prestigiosas (Teología, por ejemplo), por lo cual no es extraño que Torres Villarroel dedicara buena parte de su tiempo a menesteres más lucrativos y menos científicos como la elaboración de almanaques, el curanderismo o la astrología. Esta última no tenía por aquel entonces un componente tan peyorativo como lo tiene ahora. Prueba de ello es que una de las obras por las que se conoce a la Universidad de Salamanca en todo el mundo es la «Bóveda Astrológica de su Antigua Biblioteca» o, más popularmente, «el Cielo de Salamanca».

Viene al caso este preámbulo para resaltar que la Universidad de Salamanca no cuenta con una gran tradición científica, ni tan siquiera de ciencias aplicadas, y menos aún de aquellas preocupadas por el sector primario. Y eso a pesar de que la agricultura y la ganadería fueron y siguen siendo actividades económicas fundamentales, no sólo en Salamanca, sino también en las provincias limítrofes.

En los años centrales del siglo XVI surge la Escuela de Salamanca, confluencia del derecho, la teología tomista, las nuevas lógicas y las lenguas clásicas. Este conjunto de estudiosos, ejemplificados por Francisco de Vitoria, Domingo de Soto, Francisco Suárez, Martín de Azpilicueta y Tomás Mercado, constituirán una corriente de pensamiento hegemónica sobre la naturaleza del poder y de la justicia, los derechos de la persona y el Estado, la comunidad internacional y el derecho de gentes, los conflictos internacionales y la justicia en las guerras, así como en las teorías económicas y en los problemas derivados de la colonización y transculturación americana. El auge de la Escuela de Salamanca probablemente simbolice mejor que otros hechos el predominio del derecho y la teología, lo cual fue positivo en muchos aspectos, pero negativo en otros. Probablemente, el mayor daño fue la desatención del racionalismo filosófico y, sobre todo, del cientifismo experimental que se abrían camino en Europa, aun a pesar de esfuerzos individuales como el de Jerónimo Muñoz, que influyó decisivamente para que la lectura de los textos copernicanos fuera obligatoria en 1594. Sin embargo, a finales del siglo XVII las cátedras de matemáticas-astrología y la de música eran las peor pagadas y la Biblioteca universitaria, que hasta 1550 había crecido notablemente en fondos, se ve reducida a 1.250 volúmenes en 1610. En 1664 se hundirán las bóvedas de la sala de lectura y los libros permanecerán arrinconados hasta 1693.

La situación no mejorará a lo largo de los siglos XVIII, XIX y comienzo del XX. En el siglo XVIII la implantación de la revolución científica tuvo lugar preferentemente a través de academias, sociedades y escuelas, en tanto que las universidades, salvo algunas excepciones, no experimentaron una verdadera reestructuración de sus enseñanzas conforme al nuevo paradigma científico. En lo que concierne a las universidades, las reformas ilustradas pretenden reformar y mejorar y no van a suponer cambios radicales. Sin embargo, lo peor estaba por llegar.

El comienzo del siglo XIX no pudo ser más negativo para Salamanca y su Universidad. La depresión económica de 1803-1805, la epidemia de fiebres palúdicas y la Guerra de la Independencia redujeron a 46 los alumnos matriculados en el curso 1809-10. La ocupación francesa y el regreso del infame Fernando VII no mejoraron en nada la situación; antes al contrario, durante la primera se produjeron muchas destrucciones materiales y durante el reinado del segundo continuó la impartición del Plan de Estudios de 1771.

La Ley Pidal de 1845 y la Ley Moyano de 1857 reconstruyen la universidad española bajo un modelo liberal en el cual se plantan las bases de parte de las estructuras actualmente reconocibles en la universidad española. Se produce una centralización de la educación superior por el Estado, que pasa a controlar fondos, programas y libros de texto, y se produce la funcionarización del profesorado. Los cambios son grandes, pero no sólo no servirán para devolver el pasado esplendor del Estudio Salmantino, sino que lo reducirán a una universidad de provincias, situación que ha pervivido hasta épocas muy recientes. El rector pasa a convertirse en un delegado del gobierno central, quien a su vez regirá la estructura universitaria, lejos de veleidades electivas. Se instaura el cuerpo de catedráticos-funcionarios por libre oposición. En el capítulo financiero las nuevas no son mejores. Las leyes desamortizadoras privan a Salamanca de las tercias decimales, que constituían el fundamento económico de su autonomía. Los ingresos serán aquellos provenientes de las tasas de matriculación, grados y exámenes, bajo la forma de un presupuesto de Instrucción Pública, el cual, por insuficiente, debía completarse con ayudas paralelas de la Diputación y el Ayuntamiento. Precisamente, la Facultad de Medicina y Ciencias debe a la Diputación y el Ayuntamiento salmantinos su refundación y sostenimiento. Sin embargo, los otrora todopoderosos estudios de Teología fueron suprimidos, perdieron rango universitario y se trasladaron al Seminario Diocesano. Por lo que respecta a la docencia, ésta se convierte en un aprendizaje memorístico de las lecciones magistrales dictadas sobre la base de los textos oficiales. No se exige investigación y la realización del doctorado queda restringida a Madrid. Comparemos esta situación con los principios rectores de la universidad alemana, expuestos por Schleiermacher y, sobre todo, por A. von Humboldt: «la universidad es el centro de culminación de cuanto tiende a elevar directamente a elevar la cultura moral de la nación, ante lo cual su destino es cultivar la ciencia en el más profundo sentido de la palabra». O en palabras de Louis Pasteur «sin laboratorios, los hombres de ciencia son como soldados sin armas».

Si la Diputación de Salamanca tuvo un papel clave en el mantenimiento de los estudios de Medicina en una universidad casi desmantelada, no menor será

su papel en alentar los primeros esfuerzos de creación de estructuras científicas orientadas al sector primario. En realidad, este papel fue compartido con otros organismos, entre ellos la propia Universidad de Salamanca. Fruto del esfuerzo conjunto de la Universidad y del CSIC, se crea en 1954 la Sección de Química Agrícola y Fertilidad de Suelos, adscrita a la cátedra de Química Analítica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca. Poco después, en 1957, la Sección se desarrolla para dar lugar al Centro de Edafología y Biología Aplicada, que tuvo su primera sede en la Facultad de Ciencias Químicas, ubicada por aquel entonces en el Palacio de Anaya. Este Centro constituyó la base científica fundadora del Instituto de Orientación y Asistencia Técnica del Oeste (IOATO). La misión del centro se fundamentaba en organizar y agrupar los trabajos científicos encaminados a contribuir al desarrollo agrario e industrial de la región. Entre las directrices fundadoras se menciona expresamente «la convicción de que la Universidad no puede permanecer ajena a los problemas de la sociedad circundante, a la que se debe. Ahora bien, como su misión peculiar y propia es la investigación básica, la investigación aplicada debe realizarse en centros coordinados parauniversitarios. En la estructura administrativa de nuestro país la coordinación con el CSIC y con las diputaciones provinciales parece lo más indicado». Efectivamente, junto con la Universidad de Salamanca y el CSIC, en el IOATO participarán las Diputaciones de Salamanca, Avila y Zamora. Posteriormente, en 1988 el IOATO experimentará una reestructuración, con cambio de nombre incluido, para adoptar el actual: Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA).

Durante este período, y a partir del germen inicial de inspiración conjunta Universidad de Salamanca-CSIC, será la rama del CSIC, esto es, el IRNASA, la que experimentará un crecimiento más vigoroso y tendrá un papel preponderante en la contribución al desarrollo agrícola y ganadero de la región. Esto no significa que en la Universidad de Salamanca no se investigara en temas agrícolas, pero estos esfuerzos tardarán en sustanciarse en un ente organizado.

2. EL CIALE

Habrá que esperar hasta el año 2000 para la creación en la Universidad de Salamanca de un centro de investigación cuyas líneas de trabajo se orienten a la agricultura. El nombre originalmente propuesto para este centro fue Instituto de Ciencias Agrarias, si bien este nombre fue rápidamente sustituido por el de Centro Hispano-Luso de Investigaciones Agrarias (CIALE), tal y como se recoge en el acuerdo de Consejo de Gobierno de 27 de julio de 2000, presidido por el Rector Ignacio Berdugo Gómez de la Torre, por el que se crea el CIALE y se aprueban sus estatutos. La condición hispano lusa recogida en el nombre puede parecer extravagante, pero se entiende cuando expliquemos más adelante uno de los acontecimientos clave en el nacimiento del CIALE. Los grupos y profesores fundadores fueron los siguientes:

Grupo de Genética. Profs. Arturo Pérez Eslava, Ernesto Pérez Benito y José María Díaz Mínguez.

Grupo de Fitopatología y Biocontrol. Prof. Enrique Monte Vázquez.

Grupo de Interacciones Mutualistas. Profs. Eustoquio Martínez Molina y Pedro Mateos González.

Grupo de Fisiología y Biología Molecular de Semillas. Profs. Gregorio Nicolás Rodrigo, Dolores Rodríguez Martín y Carlos Nicolás Rodríguez.

Grupo de Crecimiento y Desarrollo Vegetal. Profªs. Emilia Labrador Encinas y Berta Dopico Rivela.

Grupo de Calidad de Alimentos y Botánica. Profs. José Sánchez Sánchez y Cipriano Valle Gutiérrez.

Grupo de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. Profs. Jesús Hernández Méndez, Rita Carabias Martínez y Bernardo Moreno Cordero.

La naturaleza de los grupos fundadores del centro proporciona indicios acerca de sus objetivos de investigación. En primer lugar, la participación de profesores del Área de Química Analítica, continuando la tradición comenzada en el año 1954 con la Sección de Química Agrícola y Fertilidad de Suelos, si bien esta participación será efímera. En segundo lugar, el predominio de los grupos cuyo objeto de interés son los microorganismos de interés agrícola, bien por sus capacidades patogénicas, bien por sus efectos beneficiosos en los cultivos, y la fisiología y biología molecular de las plantas en sus distintas fases de desarrollo. Las líneas de investigación son principalmente de naturaleza básica, si bien alguno de los grupos destacó desde un principio por sus excelentes colaboraciones con empresas, como es el caso de Enrique Monte Vázquez.

El análisis de las sucesivas memorias anuales del centro revela sus fortalezas y debilidades. Entre las primeras, una excelente capacidad para captar proyectos y contratos de investigación, así como un gran músculo investigador demostrado en la calidad y cantidad de las publicaciones científicas. La memoria del periodo 2000-2003 indica la captación de más de un millón de euros en proyectos (incluidos dos proyectos europeos), 8 patentes y transferencias tecnológicas y 79 publicaciones científicas de elevado nivel. Estos datos son fehacientes en cuanto a la capacidad de un centro por entonces constituido por 16 profesores/investigadores de plantilla. Sin embargo, también hay que mencionar las debilidades. La principal, tal y como constata el primer director del CIALE, el Prof. Arturo Pérez Eslava, es la dispersión de los grupos, por lo que «nuestro objetivo principal es la consecución de un edificio donde poder albergar nuestras actividades investigadoras, docentes, de servicios a la comunidad y de divulgación agraria». La construcción de este edificio, y la captación de los fondos que sufragaran la obra, no fue empresa fácil. La semilla fue sembrada en la cumbre hispano-portuguesa celebrada en Salamanca en enero del 2000, siendo entonces los respectivos presidentes José María Aznar y António Guterres. Los fondos fueron llegando mediante sucesivos proyectos

FEDER y, sobre todo, gracias al proyecto INTERREG concedido en 2003, el cual, con una asignación cercana a los 4 millones de euros, permitiría la construcción del Edificio CIALE en el Parque Científico de Villamayor (Salamanca) y algunas dependencias en el Instituto Politécnico de Castelo Branco y la Universidad de Beira Interior (Covilha, Portugal). Los esfuerzos encaminados a la consecución de estos proyectos y la materialización del edificio son mérito principal del entonces rector de la Universidad de Salamanca, Enrique Battaner Arias, y su vicerrector de Investigación, Arturo Pérez Eslava, que dejó el cargo de director del CIALE para acceder al vicerrectorado. En su lugar, Enrique Battaner nombró a quien esto escribe en mayo de 2003, cargo que ocuparé durante 11 años. El papel de Enrique Battaner para la consolidación física del CIALE fue tan decisivo que en su retrato, ubicado en la galería de retratos de los rectores de la Universidad de Salamanca (obra de Eusebio San Blanco), además de su efigie pueden verse los planos del edificio CIALE.

El edificio fue inaugurado el 29 de diciembre de 2006 después de un esfuerzo titánico para completar la obra antes de la finalización del año. Por entonces el CIALE ya había adquirido su estructura definitiva en cuanto a grupos de investigación, con la baja del grupo de Química Analítica, Nutrición y Bromatología y el alta del grupo de Recursos Hídricos liderado por José Martínez Fernández. En el discurso que pronuncié en la ceremonia de inauguración resalté los impresionantes logros alcanzados por los grupos del CIALE en apenas 6 años de existencia: más de 5 millones de euros de financiación en cerca de 80 proyectos y contratos de investigación (incluidos cuatro proyectos europeos); 240 artículos y capítulos de libros, además de varias patentes registradas y 30 doctores formados en el Programa de Doctorado de Biotecnología Agrícola. Este Programa se completaría más adelante con el Máster en Agrobiotecnología.

Desde su fundación hasta la actualidad el CIALE se ha consolidado como un centro de referencia nacional e internacional en el I+D+i agrario en los campos de la biotecnología agraria, la biodiversidad, la producción y sanidad vegetales y los recursos hídricos aplicados a la agricultura. Su importancia fue reconocida con el Premio Sociedad Civil del Consejo Social de la Universidad de Salamanca, concedido en 2013, y refrendada por la Junta de Castilla y León con la aprobación de su conversión en Instituto Universitario de Investigación (Instituto de Investigación Hispano Luso de Investigaciones Agrarias) por acuerdo de 28 de noviembre de 2013. El prestigio adquirido es mérito de todos los investigadores que han formado y forman parte del CIALE y, evidentemente, de la gestión llevada a cabo por los sucesivos directores del CIALE; además de los ya mencionados, José Sánchez Sánchez (2014-2018), José Martínez Fernández (2018-2022) y María Belén Rubio Pérez (2023-actualidad).

El Premio Nobel Norman Borlaug, padre de la Revolución Verde y de la agricultura moderna, solía decir que la investigación agrícola es vital para nuestra supervivencia. Siempre lo ha sido, pero en nuestros tiempos ha adquirido un carácter perentorio debido a dos retos de primera magnitud. En primer lugar, la

carencia de nuevos suelos que dedicar a usos agrícolas, lo cual impone la necesidad de optimizar las producciones en aquellos que ya están dedicados al cultivo. En segundo lugar, la necesidad, universalmente aceptada después de largos debates, de armonizar agricultura y naturaleza, evitando que el uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas químicos afecte al ambiente y la biodiversidad. Estos retos no son inasumibles, puesto que hemos desarrollado herramientas para afrontarlos. Buena parte de ellas pueden agruparse bajo el amplio manto de la biotecnología agrícola o biotecnología verde, campo de estudio e investigación donde reside una de las mayores fortalezas del CIALE.



Vista aérea del CIALE. *En primer plano el edificio investigador con su cubierta vegetal y los cinco módulos correspondientes a los laboratorios de investigación. Por detrás el edificio administrativo y docente (izquierda) y el invernadero (derecha). Fotografía amablemente cedida y reproducida con permiso de D. Carlos Benabéu, director de Arbórea Intellbird S.L. Año 2008.*

3. LA INVESTIGACIÓN EN EL CIALE

La importancia de la reducción del uso de fertilizantes y pesticidas químicos ha sido reconocida por la Unión Europea en su reciente estrategia «Farm-to-Fork», cuyo objetivo principal es asegurar un óptimo control sanitario de nuestros alimentos al tiempo que se mejoran las condiciones de vida en las explotaciones ganaderas y los campos de cultivo. Para conseguir este objetivo combinado es relevante reducir los fertilizantes y pesticidas químicos con el fin de incrementar la sostenibilidad agrícola y ganadera y reducir la pérdida de biodiversidad. Sin embargo, esta reducción debe realizarse manteniendo, o mejorando, el estado sanitario de nuestras cosechas y la producción de los cultivos. En particular, el «European Green Deal» marca el objetivo de reducir en un 50% el uso de agroquímicos antes del año 2030. Conseguir este objetivo manteniendo la producción agrícola actual no será posible a menos que desarrollemos herramientas alternativas a los agroquímicos.

Los microorganismos que pueblan el suelo, que habitan en la rizosfera y que conviven con las plantas cultivadas en el interior de sus raíces pueden ser de una ayuda inestimable tanto para mejorar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (uso como biofertilizantes), como para proteger a éstas frente a organismos patógenos (uso en biocontrol). El grupo de Interacciones Microbianas, fundado por Eustoquio Martínez Molina y Pedro Mateos González y en la actualidad liderado por éste y Raúl Rivas González, tras la jubilación de Eustoquio Martínez Molina, explora las alternativas que permiten a los microorganismos del suelo mejorar la adquisición de nutrientes por las plantas cultivadas. Uno de los ejemplos mejor conocidos, y más estudiados, es la simbiosis entre miembros del género *Rhizobium* y las raíces de ciertas leguminosas. Los rhizobia son capaces de inducir la formación de nódulos en dichas raíces, en el interior de los cuales fijan nitrógeno atmosférico en amonio, utilizado por la planta como fuente de nitrógeno. La evolución de las líneas de investigación de este grupo ha llevado desde la exploración de la biología molecular y las características de los microorganismos simbiontes responsables de la fijación biológica de nitrógeno atmosférico hasta la aplicación práctica de estos microorganismos como biofertilizantes y los análisis globales del microbioma del suelo y la rizosfera. Se definen como biofertilizantes aquellos microorganismos que pueden ayudar a las plantas en la captación de nutrientes. Pueden colonizar tanto la rizosfera como el interior de las raíces de las plantas y no sólo son capaces de fijar nitrógeno atmosférico, sino que también pueden solubilizar fosfatos, solubilizar potasio y promover el crecimiento de las plantas (rhizobacterias), permitiendo con todo ello incrementos de la productividad al tiempo que se reduce la dosificación de fertilizantes químicos. Entre los numerosos proyectos de índole aplicada que este grupo ha desarrollado en épocas recientes merece la pena destacar algunos de ellos enfocados a la agricultura y ganadería salmantinas. Así, el diseño de consorcios de rhizobia y microorganismos endofíticos de colza para su uso en diferentes cultivos castellano-leoneses, el uso de biofertilizantes para la mejora en la producción de trigo, el análisis del microbioma a lo largo del proceso de curación del jamón ibérico de bellota y la caracterización de diversas cepas bacterianas para uso general como biofertilizantes o para mejorar la adaptación de cultivos al cambio climático. Buena parte de estos proyectos se han llevado a cabo en colaboración y con la financiación de diversas empresas agroalimentarias (Aquimisa Laboratorios S.L., Ceres Biotics Tech. S.L., Favesa Creatividad S.L, etc.) y con la Diputación de Salamanca. También merece la pena destacar que el Grupo de Interacciones Mutualistas mantiene una estrecha colaboración con investigadores del IRNASA (Álvaro Peix), lo cual refuerza la interacción entre ciencia básica y ciencia aplicada.



Vista externa del CIALE. *Imagen del edificio administrativo y docente (izquierda) junto con parte del edificio de investigación (derecha). Año 2008.*

El otro gran campo de aplicación de los microorganismos del suelo es la protección de las plantas cultivadas frente a la agresión por otros organismos, tanto plagas como los patógenos que causan enfermedades. El Grupo de Fitopatología y Control Biológico del CIALE, liderado por Enrique Monte Vázquez y Rosa Hermosa Prieto, destaca por la relevancia de sus aportaciones al estudio y conocimiento del hongo *Trichoderma* y sus múltiples aplicaciones en agricultura. *Trichoderma* es una de las estrellas rutilantes del biocontrol por su capacidad para producir enzimas degradadoras de la pared, compuestos antimicrobianos y compuestos volátiles que, en su conjunto, pueden actuar contra hongos y bacterias fitopatogénicos, oomicetos y nematodos. Es el hongo más utilizado en biocontrol, hasta el punto de que en algunos países como Brasil los propios agricultores lo producen a gran escala. Se estima que el consumo de agentes de biocontrol superará los 3.400 millones de dólares en Hispanoamérica en el año 2029, cálculo que excluye a Brasil donde, como hemos indicado, la utilización de *Trichoderma* es masiva. El potencial de aplicación de este hongo fue rápidamente reconocido por el Prof. Enrique Monte Vázquez, cofundador en 1999 de la empresa NBT, una *spin off* de las universidades de Sevilla y Salamanca, cuyo primer producto fue TUSAL, un biofungicida basado en *Trichoderma*, registrado en 2003 y aprobado para su comercialización en 2008. El avance en el conocimiento de los procesos moleculares subyacentes a la interacción de *Trichoderma* con plantas cultivadas ha conducido a un reciente cambio en el paradigma de utilización de este hongo, ya que, junto a las bien establecidas capacidades antimicrobianas, se reconoce ahora su capacidad para promover el crecimiento vegetal y, sobre todo, una interesante habilidad para inducir respuestas defensivas en la planta. La activación de esta respuesta sistémica inmune permitiría a la planta mantener activas a largo plazo las defensas frente a estreses bióticos y abióticos. El Grupo de Fitopatología y Biocontrol ha promovido la colaboración con la agricultura salmantina, y castellano-leonesa en general, mediante múltiples proyectos con entes públicos (Junta de Castilla y León, Diputación de Salamanca, etc.) y empresas como Mirat Fertilizantes, ACOR y Biorganix.

El tercer grupo proveniente del Departamento de Microbiología y Genética es el Grupo de Genética del CIALE. Este grupo fue inicialmente liderado por Arturo

Pérez Eslava y, tras su baja como miembro del CIALE, por Ernesto Pérez Benito y José María Díaz Mínguez, a los que posteriomente se unieron Michael R. Thon y Serenella A. Sukno. El Grupo de Genética ha centrado sus investigaciones en dos grandes campos. En primer lugar, las interacciones moleculares planta-patógeno, con especial énfasis en el análisis de los genes responsables de patogenicidad y virulencia en los hongos *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* y *Colletotrichum spp*. El primero es un patógeno generalista con especial incidencia, en el caso de nuestra región, en la vid (*Vitis vinifera* L.); de ahí las estrechas colaboraciones establecidas con diversas denominaciones de origen tanto salmantinas (D.O. Arribes) como regionales (D.O. Ribera del Duero, D.O. Rueda y D.O. Cigales), así como con empresas especializadas (Lallemand S.L. y Biorganix). *F. oxysporum* es causante de fusariosis vascular en diversas especies de leguminosas importantes en nuestra provincia y en general en la comunidad autónoma, como son la judía (*Phaseolus vulgaris* L.), el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y la lenteja (*Lens sculenta* L.). Las colaboraciones se han establecido con agentes socioeconómicos relevantes como la Cooperativa Campesina Tormes (El Barco de Avila), El Centro de la Legumbre (Pajares de Laguna, Salamanca) y el Consejo Regulador de la IGP «Judías de El Barco de Avila». Se han desarrollado procedimientos de diagnóstico molecular de los patógenos y la identificación y caracterización de genes responsables de patogenicidad/virulencia con el fin de utilizarlos como diana en el desarrollo de estrategias de protección vegetal; por ejemplo, el moderno y muy promisorio uso de biopesticidas basados en ARN. *Colletotrichum graminicola* es un patógeno importante del maíz, cultivo de relevancia creciente en nuestra provincia y comunidad, por lo que resulta de interés comprender los mecanismos genéticos que permiten la infección y el desarrollo de enfermedad en el cultivo. Los estudios filogenéticos realizados, basados en la obtención y ensamblaje de numerosos genomas de diversas especies del género *Colletotrichum* han permitido comprender la evolución de la patogenicidad en este hongo. Asimismo, los estudios genómicos comparativos permiten caracterizar las diferencias entre los aislados patogénicos y endofíticos que coexisten en una misma especie y la identificación de genes cruciales para su utilización como dianas en el control de la enfermedad. Este Grupo, al igual que el Grupo de Interacciones Microbianas, también mantiene una estrecha colaboración con investigadores del IRNASA (Iñigo Zabalgogeazcoa González).

El otro gran enfoque practicado en el CIALE es el estudio de las plantas, tanto las cultivadas como aquellas que aun no teniendo uso agrícola se han convertido en vegetales modelo para el análisis de la biología molecular responsable de los procesos fisiológicos de las plantas, como es el caso de *Arabidopsis thaliana*. Los grupos implicados en estos trabajos proceden del Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal de la Universidad de Salamanca.

En primer lugar, el grupo de Paredes Celulares y Crecimiento Vegetal, dirigido originalmente por Emilia Labrador Encinas (actualmente jubilada) y Berta Dopico Rivela. El grupo ha centrado sus investigaciones en el análisis de los mecanismos moleculares responsables de la remodelación de la pared vegetal. La pared vegetal

es la responsable, en primera instancia, del establecimiento de una defensa física frente a las agresiones por parte de plagas y organismos patogénicos, así como de los cambios consustanciales al crecimiento. Por ello su estudio resulta fundamental tanto para entender las barreras protectoras que constituyen la primera respuesta defensiva de las plantas cultivadas como para adquirir los conocimientos básicos que permitan la remodelación a voluntad de la arquitectura vegetal, un aspecto básico en la mejora vegetal frente a cambios climáticos o estrés hídrico. Las plantas objeto de estudio han sido el garbanzo (*C. arietinum* L.), una leguminosa de gran importancia agrícola que cuenta con la IGP «Garbanzo de Fuentesaúco» en la provincia de Zamora, y la IGP «Garbanzo de Pedrosillo» en la salmantina comarca de la Armuña, además de las plantas modelo *A. thaliana* y *Medicago truncatula*. Ésta última se ha erigido como el mejor modelo para estudiar la biología molecular de leguminosas. Recientemente, el énfasis de la investigación se ha dirigido hacia un grupo de proteínas denominadas familia ST (specific tissue proteins). En dicotiledóneas se han identificado varias proteínas ST con unas repeticiones estructurales características, codificadas por familias multigénicas. Varias de estas proteínas están implicadas en desarrollo vegetal, en la nodulación inducida por bacterias fijadoras de nitrógeno y en la respuesta defensiva inducida frente a ciertos hongos patogénicos.

El grupo de Fisiología y Señalización Hormonal en Plantas fue dirigido originalmente por Gregorio Nicolás Rodrigo y Dolores Rodríguez Martín y, tras la jubilación de ambos, por Oscar Lorenzo Sánchez. El interés investigador de este grupo se ha centrado en el estudio de los mecanismos hormonales implicados en la regulación de la germinación de semillas y desarrollo vegetal, con un énfasis especial en el papel de la señalización mediante óxido nítrico (NO). La comprensión de los mecanismos que regulan la dormición y germinación de las semillas es de importancia fundamental en agricultura, puesto que, en última instancia, la productividad de los cultivos depende de la mejora de las condiciones conducentes a una germinación óptima. El NO tiene un papel regulador de múltiples procesos en una plétora de especies, tanto en microorganismos (hongos) como en vegetales y en mamíferos. En plantas constituye la especie reactiva de nitrógeno más importante. El grupo tiene un papel de relevancia internacional en el descubrimiento de la interacción del NO con las fitohormonas (auxinas, ácido jasmónico, giberelinas, etc.) para la activación de respuestas específicas a estreses o durante determinados estadios del desarrollo. Se ha descubierto que los desequilibrios en la homeostasis del NO tienen un impacto crítico en el crecimiento y el desarrollo vegetales. Las investigaciones se han realizado en la planta modelo *A. thaliana*. Sin embargo, la relevancia de los resultados alcanzados permite augurar su aplicación en plantas cultivadas. A tal fin ya se han formalizado convenios de colaboración, por ejemplo para la transferencia de conocimiento a empresas tanto castellano-leonesas (Instituto Biomar S.A. y CECOSA semillas S.L.), como internacionales. Las colaboraciones se extienden a la Junta de Castilla y León, que ha financiado varios proyectos, y a la Diputación de Salamanca (caracterización de semillas de forrajeras resistentes al clima salmantino).

El Grupo de Palinología y Conservación Vegetal fue uno de los grupos fundadores del CIALE y el tercero de los grupos provenientes del Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal. Liderado por José Sánchez Sánchez centró sus actividades investigadoras y de transferencia en varias líneas de investigación. La primera de ellas, la monitorización de polen y esporas implicadas en procesos alérgicos, en colaboración con los hospitales salmantinos y la Gerencia de Salud de la Junta de Castilla y León. Mediante una serie de estaciones repartidas por la ciudad de Salamanca este grupo realizaba el seguimiento periódico de los niveles de polen y esporas responsables de muchos procesos alérgicos, facilitando de esta forma las correspondientes alertas estacionales. La segunda línea de trabajo consistió en la caracterización de mieles y otros productos apícolas, con la realización de múltiples seminarios y catas de mieles con el fin de acercar al público el conocimiento de los productos apícolas de la provincia de Salamanca. Buena parte de estas actividades, por ejemplo el fomento de los productos apícolas de calidad, contaron con la colaboración y financiación de la Diputación de Salamanca. Sin embargo, la actividad estrella del grupo fueron los trabajos sobre conservación de la biodiversidad micológica y vegetal simbolizados en la creación y mantenimiento del Banco de Germoplasma de la Universidad de Salamanca, adscrito al Parque Científico universitario. El conocimiento adquirido y los materiales conservados en el Banco sirvieron de base para numerosos trabajos de conservación y recreación de la flora local, como por ejemplo la restauración de la ribera del Tormes, y otras actividades en Salamanca y municipios adyacentes, en colaboración con el Ayuntamiento de Salamanca. Otro ejemplo fue la creación del Observatorio de la Dehesa, un convenio de colaboración entre la Universidad de Salamanca y la Diputación salmantina.

El grupo desapareció tras la reciente jubilación de José Sánchez Sánchez. Su espacio en el CIALE ha sido ocupado por el Grupo de Herramientas Biotecnológicas de Plantas frente al Cambio Climático, dirigido por Mónica Calvo Polanco, también perteneciente al Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal. Sus líneas de investigación se centran en el papel de las micorrizas en la señalización y respuestas de las plantas sometidas a estrés, así como de las acuaporinas vegetales en la formación del polen.



Vista interna del CIALE. *Corredor principal del edificio investigador. A la derecha la rampa de entrada desde el exterior. A la izquierda la rampa de acceso a uno de los módulos de investigación. Año 2008.*

Hasta la entrada de este grupo en el CIALE la única incorporación de un grupo de investigación no fundador al CIALE fue, durante largo tiempo, el Grupo de Recursos Hídricos dirigido por José Martínez Fernández, perteneciente al Departamento de Geografía. Las líneas de investigación de este grupo se enfocan al estudio de los procesos hidrológicos en ambientes mediterráneos, la importancia de la teledetección en la hidrología y la agricultura, las interacciones hidrológicas suelo-vegetación y los efectos del cambio global en los recursos hídricos. La abundancia de agua en las riberas del Tormes (de tal magnitud que permite regadíos de maíz superiores a las 15.000 hectáreas con un clima cuya pluviometría no es la adecuada para este cultivo) fomenta el olvido de la realidad del agua como un bien escaso a nivel global, escasez que se incrementará paulatinamente durante este siglo como consecuencia del cambio climático. Sólo será posible poner en práctica medidas que alivien esta escasez si previamente hemos acumulado conocimientos que nos permitan un uso racional, eficaz y sostenible de las reservas hídricas. Este grupo ha sido pionero en el desarrollo de sistemas de teledetección de agua mediante observación desde satélites, con proyectos realizados en colaboración con la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, la famosa NASA norteamericana, y la Agencia Espacial Europea. Los datos obtenidos mediante observación desde el espacio han sido contrastados y validados con datos reales en suelo, actividad que el grupo ha realizado mediante mediciones con estaciones propias y con las 54 estaciones agrometeorológicas integradas en la red SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío) de la Junta de Castilla y León. Este tipo de estudios han facilitado la puesta en marcha de servicios de ayuda para el agricultor como el Servicio de Asesoramiento al Regante (SAR) InfoRiego. Este servicio ofrece datos en tiempo real que el agricultor puede obtener mediante su teléfono móvil y así proceder a un riego particularizado según los niveles de humedad en las diferentes zonas de una parcela de cultivo.

En el conjunto de actividades realizadas en el CIALE durante los últimos años hay que resaltar la creación de la Unidad de Excelencia de Producción Agrícola y Medio Ambiente «Agrienvironment» de la Junta de Castilla y León, constituida por una mayoría de grupos de investigación del CIALE, así como por el GIR de la Universidad de Salamanca especializado en la investigación sobre polifenoles, dirigido por Celestino Santos Buelga y María Teresa Escribano Bailón. La Unidad, dirigida por Oscar Lorenzo Sánchez, se planteó como objetivos avanzar en el liderazgo científico y tecnológico, mejorar la internacionalización, fomentar la colaboración entre investigadores y mundo empresarial y atraer talento internacional. El objetivo de las estructuras de investigación de excelencia de la Junta de Castilla y León es el liderazgo científico y tecnológico, con el fin último de mejorar la participación de entidades de Castilla y León en los programas estatales de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia, tales como los Centros de Excelencia «Severo Ochoa» y las Unidades de Excelencia «María de Maeztu». A tal fin la Universidad de Salamanca, primero, y la Junta de Castilla y León, después, aportaron una sustanciosa inversión económica.

No cabe duda de que la Unidad de Excelencia ha incrementado la visibilidad de la investigación realizada al amparo de las ayudas rec*ibid*.as. Sin embargo, no se ha conseguido la materialización de los objetivos en realidades tangibles tales como la captación de nuevos grupos de investigación extranjeros para el CIALE (talento internacional) o la consecución de la Unidad de Excelencia M. de Maeztu.

La panorámica que he intentado ofrecer en este trabajo sobre el impacto de las actividades del CIALE en la agricultura de Salamanca y de la comunidad de Castilla y León no estaría completa sin mencionar las actividades formativas enmarcadas en el Máster y Programa de Doctorado en Agrobiotecnología. Una parte importantísima de la transferencia de conocimiento al sector primario es la formación de expertos en agrobiotecnología, puesto que ellos serán los responsables de la modernización de las prácticas agrícolas. El Máster, dirigido actualmente por Belén Rubio Pérez, vio la luz en el curso 2010-11 y ha llevado a cabo una ingente labor de enseñanza de las modernas técnicas y herramientas biotecnológicas de uso agrícola a cerca de 200 estudiantes nacionales y de diversos países hispanoamericanos. El Máster presenta un enfoque especialmente orientado a la investigación, por lo que su complemento natural es el Programa de Doctorado, dirigido por Carlos Nicolás Rodríguez, el cual ha permitido la formación de decenas de estudiantes que han llevado a cabo sus tesis doctorales en los laboratorios del CIALE.

La actividad formativa e investigadora del Estudio Salmantino en el campo de la agronomía tiene otro protagonista principal: la Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales. Fue creada en 1995 como Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola para impartir la titulación de Ingeniero Técnico Agrícola (especialidad en Explotaciones Agropecuarias). En 1998 se hizo cargo del nuevo título Licenciado en Ciencias Ambientales y adquirió su presente condición de Facultad. En la actualidad imparte los Grados en Ciencias Ambientales e Ingeniería Agrícola y los Másteres en Ciencias Ambientales e Ingeniería Agronómica. La impartición de estos estudios se ha realizado en condiciones casi heroicas por parte de su profesorado debido a la precariedad del edificio que la alberga. Afortunadamente, la Facultad tiene un nuevo edificio en construcción en la zona de La Platina. La parcela tiene una superficie de más de 17.000 metros cuadrados en la cual se ubicarán instalaciones docentes, investigadoras y de gestión. La conclusión de las obras se prevé que tenga lugar a finales de 2025.

Sin embargo, no es propósito de este artículo detallar la contribución de la Facultad de Agrarias y Ambientales al fomento de la agricultura y ganadería salmantinas, tarea merecedora de otro trabajo de al menos similar envergadura.

Por lo que respecta al futuro del CIALE hay que constatar las jubilaciones y progresivo envejecimiento de los investigadores que lo fundaron. Mantener el ritmo investigador y formativo exigirá la incorporación de investigadores jóvenes versados en las nuevas herramientas biotecnológicas e ilusionados por descubrir nuevas formas de mejorar la práctica agrícola. Hay pocos fines más humanitarios y solidarios que alimentar a la humanidad. Norman Borlaug solía decir a sus discípulos

que había que aspirar a «tocar las estrellas» y, aun reconociendo lo utópico de tal objetivo, afirmaba que «bastará que un poco de polvo de estrellas se adhiera a vuestros dedos para que podáis ayudar inmensamente a vuestros semejantes».



Invernadero. *Invernadero experimental del CIALE y parte de la parcela para cultivos experimentales. Año 2009.*