



TEORÍA CELULAR EN LOS CURSOS DE BOTÁNICA DE FRANCISCO BAYÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (1868-1875)

Cellular theory in the botanical courses of Francisco Bayon in the Universidad Nacional De Colombia (1868-1875)

Xavier MARQUÍNEZ-CASAS¹*, Joao MUÑOZ-DURÁN¹, William USAQUÉN-MARTÍNEZ²

1. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Carrera 45 # 26-85, Colombia.

2. Instituto de Genética, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Carrera 45 # 26-85, Colombia

*For correspondence: marquinezc@unal.edu.co

Received: 9th November 2020. Returned for revision: 23rd March 2020. Accepted: 16th June 2020.

Associate Editor: Hernán Mauricio Romero

Citation/ citar este artículo como: Marquínez, X., Muñoz, J., Usaquén, W. (2022). Teoría celular en los cursos de botánica de Francisco Bayón en la Universidad Nacional de Colombia (1868-1875). *Acta Biológica Colombiana*. 27(2): 292 - 302. <https://doi.org/10.15446/abc.v27n2.91424>

RESUMEN

La fundación de la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia en 1867 ocurre casi una década después de la publicación del *origen de las especies* de Darwin (1859) y de la publicación de *Die Cellular pathologie* de Virchow (1859), textos representativos de las dos teorías básicas que sustentan la biología moderna: la teoría de evolución por selección natural y la teoría celular. Analizando las fuentes históricas primarias y secundarias determinamos que en la Escuela de Ciencias Naturales se enseñó entre 1868 y 1875 la teoría celular. El curso de botánica de Francisco Bayón (1868) explicó esta teoría, incluyendo las propuestas de Schleiden, Mirbel, Möhl y Unger; así como los procesos de polinización y fecundación de las plantas. La desactualización en algunos aspectos se explica porque las fuentes principales de Bayón son textos editados en España y Francia y por la ausencia de traducciones de los trabajos pioneros que surgían en Alemania. La Escuela de Ciencias Naturales dio un paso desde la historia natural hasta la biología moderna al incluir en sus cursos la teoría celular.

Palabras clave: Célula, ciencias naturales, historia natural, historia de la botánica, histología.

ABSTRACT

The foundation of the Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia in 1867 took place almost a decade after the publication of Darwin's *Origin of Species* (1859) and Virchow's *Die Cellularpathologie* (1859). The first of these works presents the theory of evolution by natural selection, the second the cell theory, both of which underpin modern biology. The analysis of primary and secondary historical sources led us to determine that cell theory was taught in the School of Natural Sciences between 1868 and 1875. The botany course of Francisco Bayón (1868) explained the cell theory, including the proposals of Schleiden, Mirbel, Mohl and Unger; as well as the processes of pollination and fertilization in plants. Some topics were outdated, mainly by the fact that Bayón's main sources were texts edited in Spain and France, and by the absence of translations of the pioneering works that emerged in Germany. The School of Natural Sciences took a step further from natural history to modern biology by including the cell theory in their courses.

Keywords: Cell, history of botany, natural sciences, natural history, histology.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el estudio de la naturaleza y de la vida ha transcurrido en dos etapas principales. La primera corresponde a la historia natural que surgió en Jonia y posteriormente se extendió por Grecia, Alejandría, Roma clásica y el mediterráneo occidental; más tarde continuó por el imperio Árabe y finalmente en Europa desde el siglo XIII y hasta mediados del siglo XIX. La segunda etapa corresponde a la biología moderna que surge en el siglo XIX y se extiende hasta nuestros días.

De acuerdo con Agutter y Wheatley (2008), la biología se sustenta sobre dos pilares: la teoría celular que comienza con las propuestas de Schleiden (1838) y Schwann (1839) de la célula como unidad estructural de los seres vivos y alcanza su madurez con Rudolf Virchow (1855) que postula que “toda célula proviene de otra célula”; y la teoría de evolución por selección natural de Darwin y Wallace (2009; publicación original en 1858) y Darwin (1859).

El establecimiento de estos dos pilares precede una década a la Fundación de la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia creada por decreto en 1867. De acuerdo con Cortés (2017), el proyecto liberal buscaba satisfacer una necesidad educativa generada por el cierre de centros universitarios desde mediados del siglo XIX, constituyéndose en escenario de construcción de paz y nivelación social; además se esperaba que el país pudiera obtener beneficios al colocar el conocimiento al servicio del desarrollo de la nación. La visión liberal de la Universidad abogaba por el derecho gratuito a la educación, la libertad de cátedra y la universalidad del conocimiento.

La Universidad de los Estados Unidos de Colombia fue organizada en seis escuelas: jurisprudencia, literatura y filosofía, medicina, ingeniería, artes y oficios, y ciencias naturales; esta última, dirigida por Francisco Bayón, incluyó parte del Museo Nacional y un jardín botánico que nunca alcanzó el desarrollo esperado (Díaz, 1999). En 1876-77 ocurrió la guerra civil, denominada “de las escuelas y de los curas” (Ortiz, 2017), que determinó el primer cierre de la Universidad Nacional y debilitó el proyecto inicialmente trazado.

El período comprendido entre 1868 y 1875 es una “época de oro” académica, que contaba además con un órgano de difusión, *los Anales de la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia*. La revisión de manuscritos de esta revista, junto con algunos textos adicionales y evidencia secundaria, nos condujo a preguntarnos: ¿Continuaron las Ciencias Naturales que se impartieron en la Universidad Nacional la tradición de historia natural heredada de la Expedición Botánica o lograron, por primera vez en el país, establecerse en la tradición de la biología moderna que se estaba fundando en Europa? En particular, la pregunta de investigación que abordamos en este manuscrito es: ¿Se enseñó la teoría celular en los cursos de botánica de la Escuela de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional entre 1868 y 1875.

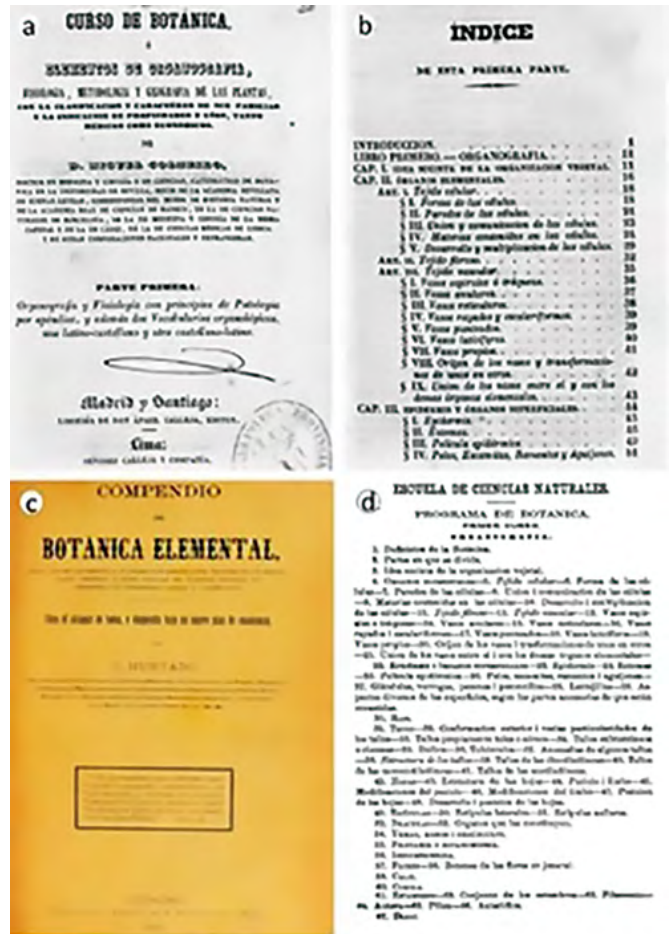


Figura 1. Fuentes primarias y curso de Botánica de Francisco Bayón. a. Contraportada de Colmeiro (1954), b. Primera página del índice de Colmeiro (1954), c. Contraportada de Hurtado (1891) y d. Primera página del programa del curso de botánica de Francisco Bayón (1868).

MÉTODOS, FUENTES Y LÍNEAS DE TIEMPO

Francisco Bayón estuvo a cargo de dictar el curso de Botánica en la Escuela de Ciencias Naturales entre 1868 y 1875. Bayón no escribió un texto de botánica basado en sus cursos, solamente dejó por escrito los programas de los mismos (Bayón, 1868; 1873), por tanto, con el fin de responder a la pregunta de investigación, referente al contenido celular de sus cursos, es necesario determinar cuáles fueron los textos que utilizó como soporte y si existieron textos posteriores que se refirieron directamente a sus cursos.

Se consideraron como fuentes primarias de información aquellas que fueron consultadas o escritas por Francisco Bayón para la elaboración de su curso o que fueron elaboradas directamente por sus estudiantes con base en el mismo, sin adiciones posteriores de contenido asociado a otras fuentes. El resto de las fuentes fueron consideradas secundarias o terciarias, y nos sirvieron de apoyo para establecer el contexto histórico asociado al establecimiento de la teoría celular en el siglo XIX.

En el programa del curso de botánica (Bayón, 1873) se citaron tres textos de apoyo con que contaban los estudiantes en la biblioteca: el más actualizado era la *Organografía y fisiología con principios de patología* de Miguel Colmeiro (1854), además de una botánica de Achille Richard, que pudo ser *Nuevos elementos de botánica y de fisiología vegetal* (1839) y *Organographie et physiologie végétale* (1849) de Charles François Brisseau de Mirbel.

Al examinar estas fuentes se encontró que el programa del curso de botánica de Francisco Bayón (1868) coincide completamente con el índice del libro *Curso de Botánica: Organografía y fisiología con principios de patología* de Miguel Colmeiro (1854; cf. Fig. 1b y 1d), por ello se le consideró como la fuente primaria principal de información que utilizó Bayón para elaborar sus cursos.

En relación con textos de los estudiantes de Bayón, encontramos dos que consideramos primarios: El discurso que elaboró el estudiante Carlos Michelsen Uribe como requisito para aprobar el curso de botánica de Bayón en 1868 y el *Compendio de Botánica Elemental* publicado por Ceferino Hurtado (1891), que según su autor fue escrito en 1880, refrendado en Venezuela en 1882, e impreso en Curazao en 1891. En la bibliografía de esta última obra Hurtado (1891) menciona: “La doctrina consignada en mi *Compendio* la he tomado de los autores mas recomendables por su claridad y sencillez, [...] La *histología - organografía - y fisiología vegetales* son la fiel reproducción de la sabia enseñanza, que recibí de mi [...] maestro Francisco Bayón, [...] Rector de la Escuela de Ciencias Naturales”.

Ceferino Hurtado fue alumno de Bayón en la Escuela de Ciencias Naturales (1868-1870) y fue secretario de la misma entre 1870 y 1875. Ceferino alternó sus estudios de Ciencias con los de la Escuela de Medicina en la Universidad Nacional de Colombia. Luego de graduarse viajó a Buenos Aires y posteriormente a Caracas donde llegó a ser miembro de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Venezuela (Díaz, 1996).

Consideramos el libro de Hurtado como fuente primaria dada su expresa mención en los agradecimientos y los capítulos nombrados como producto de sus apuntes tomados en las clases de Bayón (1868). Sin embargo, dado que el *Compendio* de Hurtado fue publicado en 1891, es decir 23 años después del curso al que asistió, la condición de fuente primaria fue sometida a prueba con el fin de verificar que el autor no incorporó conceptos fundamentales de la teoría celular posteriores a 1868.

Se elaboró una línea de tiempo con las publicaciones y principales eventos asociados a la teoría celular que se desarrolló en Europa en el siglo XIX (Fig. 2), junto con los conceptos encontrados en Colmeiro (1854) y Hurtado (1891). En la línea de tiempo se determinó que todos los conceptos encontrados en Hurtado (1891) son previos a 1868, lo cual nos permite aceptar que es “fiel reproducción” de las enseñanzas de Bayón. También que casi todos los conceptos encontrados en Hurtado (1891) se encuentran en Colmeiro (1854).

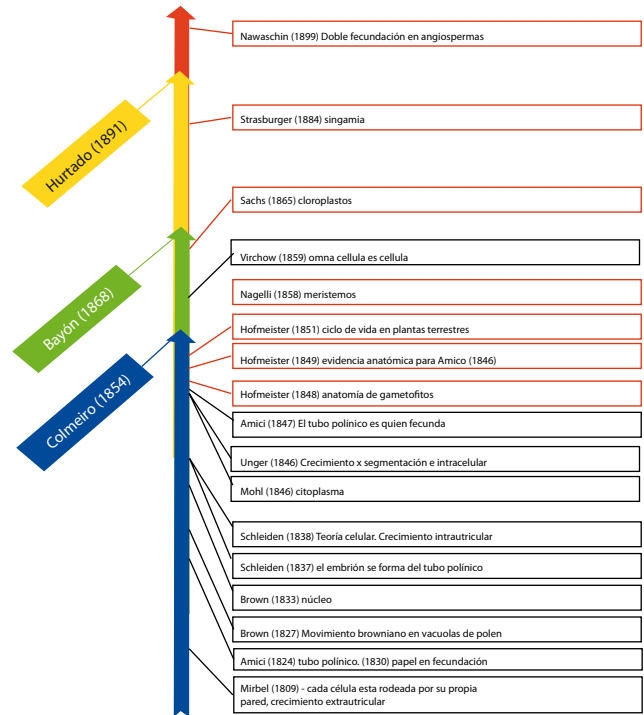


Figura 2. Línea de tiempo referente al curso de botánica de Bayón (1868), su principal fuente primaria (Colmeiro, 1854) y el *Compendio* de botánica de su estudiante (Hurtado, 1891) y los principales textos y conceptos históricos asociados a la teoría celular y embriología vegetal. En recuadros rojos: textos y conceptos no incluidos en Hurtado (1861). En negro textos y conceptos incluidos en el curso de Bayón (1868), solo uno de ellos (Virchow, 1859) es posterior a Colmeiro (1854), indicando que Bayón utilizó alguna fuente adicional para actualizarse

BREVE RESEÑA SOBRE FRANCISCO BAYÓN (1817-1893)

Francisco Bayón estudió en el Colegio Mayor de San Bartolomé donde asistió a la cátedra de botánica que se basaba en la botánica de Linneo y que era dictada por Francisco Javier Matís, pintor de la Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada. Bayón hizo excursiones botánicas con Matís, con el sacerdote Juan María Céspedes y con José Jerónimo Triana por los alrededores de la ciudad de Bogotá. Entonces solicitó varios libros a Europa para complementar su formación, manejando ya los sistemas de clasificación de De Candolle y Jussieu. Junto con Céspedes introdujo la “filosofía botánica” en los cursos de San Bartolomé y el Rosario (Díaz, 1996).

Según Díaz (1996), Bayón se graduó como médico en 1842. En 1856 fue Botánico Consultor del gobierno Nacional y evaluó la labor adelantada por José Jerónimo Triana como botánico de la expedición Corográfica. Fue miembro de la Sociedad Caldas, posteriormente Sociedad de Naturalistas Neogranadinos desde 1859, y profesor de la Universidad

Nacional de los Estados Unidos de Colombia desde 1868 en las cátedras de botánica, farmacognosia y jilología, esta última correspondiente al estudio de las maderas, de la cual escribió el *Ensayo de Jilología colombiana* (Bayón, 1871).

LOS OBJETIVOS DE LA BOTÁNICA

De acuerdo con Hurtado (1891), basado en el curso de Bayón (1868), “la botánica es la historia natural de los *vegetales*, o sea la ciencia que tiene por objeto el estudio, el conocimiento y la Clasificación de las *Plantas*. [...], Su estudio es de los mas útiles é interesantes al hombre, por las aplicaciones que de ella puede hacer, tanto en la *Agricultura*, como en la *Industria* y en la *Medicina*”. Esta definición debe entenderse en primer lugar en un momento en el que se está generando un cambio de la mera historia natural descriptiva a la biología (botánica) moderna. Colmeiro (1854) por ejemplo señala “ya no hay razón para que la botánica sea calificada como mero conocimiento de nombres: tiene sus teorías y sus hechos, sus hipótesis y sus leyes”.

Por otro lado, en nuestro medio, este carácter utilitario y aplicado se remonta a los trabajos de Caldas y Humboldt sobre la distribución de los vegetales, y específicamente aquellos que fueron de interés industrial como la quina, o el té de Bogotá. Tiene continuidad con la fallida misión Zea (1823-1827) en la que participó el joven químico francés José D. Boussingault, quien a su regreso a Francia haría grandes aportes a la fisiología de cultivos (Bateman, 1956), y que es citado por Hurtado (1891) en las temáticas relacionadas con fisiología vegetal. Este énfasis se corresponde también con los objetivos de la Universidad Nacional en palabras de su rector Manuel Ancizar (1869): “Las materias que han de cursarse en [el segundo año de] la Escuela de Ciencias Naturales son de suma importancia para su inmediata aplicación a la agricultura i la minería; industrias fundamentales en nuestro país, i hasta hoy ejercidas con pocos o ningunos conocimientos científicos”.

LA BOTÁNICA Y LA QUÍMICA

De acuerdo con Hurtado (1891), la botánica se divide en organografía, histología vegetal o anatomía, fisiología vegetal, taxonomía, fitografía y geografía botánica. En relación con la estructura vegetal, “los vegetales se componen de Órganos; los Órganos de *Tejidos*; y los Tejidos de *Elementos*. Los elementos [...] químicos, se combinan entre sí, de diferentes maneras, para formar compuestos minerales y orgánicos, que son la base de los *tejidos elementales* del vegetal”

En este párrafo no se mencionan las células como constituyentes de los tejidos. Más adelante se menciona frecuentemente a la célula como “órgano”; además se da continuidad a la composición de los vegetales con la química como disciplina y en particular, con la teoría atómica de Dalton, Avogadro y otros contemporáneos de

inicios del siglo XIX, los elementos químicos están en el lugar que debería estar la célula como unidad “atómica” de los seres vivos.

A continuación Hurtado (1891) hace referencia a los elementos químicos presentes (carbono, oxígeno, hidrógeno, azoe [nitrógeno], potasio, cloro, etc.) y a los compuestos inorgánicos (sulfatos, carbonatos, malatos, etc.) y orgánicos (celulosa, filógeno [suberina], fécula [almidón], clorofila, etc.). “Cada uno de estos compuestos desempeñan un papel importante en la organización: los minerales forman las partes inorgánicas [...] de las plantas; y los orgánicos dan origen a los Principios Inmediatos, y elementos anatómicos, que han de construir los órganos y los tejidos” Aún cuando en 1824 Friederich Wohler logró sintetizar urea, un compuesto orgánico, a partir de compuestos inorgánicos, cuestionando de esta manera la teoría vitalista; Bayón supone la existencia de una fuerza vital bajo cuya influencia operan los cambios constitucionales y morfológicos que determinan la diferenciación celular (Hurtado, 1891).

LA METAMORFOSIS DE LAS PLANTAS: WOLFGANG VON GOETHE

El libro *la metamorfosis de las plantas* (Goethe, 1790) propone la unidad de plan (*Bauplan*) de los órganos laminares de las plantas. Esta idea proviene de la sustitución de unos órganos por otros en algunas plantas, entre ellas las flores dobles que frecuentemente se refieren como monstruosidades y que al presentar un mayor número de pétalos son propagadas por los botánicos como variedades de interés ornamental. Bayón conoce directa o indirectamente la obra de Goethe, lo cual se refleja en su listado consecutivo de estos órganos laminares y en la mención de flores dobles y monstruosidades (Bayón, 1868), así como en la afirmación de que “Los estambres, como las otras partes de la flor, no son sino transformaciones de las hojas” (Hurtado, 1891).

CÉLULAS Y TEJIDOS

En 1665, Robert Hooke denominó células a “una compañía infinita de poros muy regulares [de paredes] gruesas y ordenadas, y tan cercanos entre sí, que dejan muy poco espacio o espacio entre ellos para ser llenados con un cuerpo sólido”, posteriormente se emplearon numerosas denominaciones para designarlas: Nehemia Grew (1682) las llamó parénquima y les definió como “masa de burbujas” y Marcello Malphighi las llamo utrículos en 1694. Sin embargo, sólo hasta el siglo XIX se concibió la célula como unidad vital elemental de los seres vivos (Dröscher, 2009).

Bayón reconoció claramente a la célula como unidad estructural de los organismos vegetales: “Todos sus órganos consisten interiormente en un conjunto de *partículas* microscópicas, *similares* y *justa-puestas*, que forman una masa continua, llamada *tejido celular*, ó *tejido utricular*. Este

tejido que también se llama *fundamental*, por ser el origen y fundamento de los demás tejidos de la economía vegetal, está, el mismo, constituido en último análisis, por un *Corpúsculo* llamado *Célula - Utrícula* ó *Celdilla*” (Hurtado, 1891).

El tejido celular corresponde a lo que actualmente se conocen como tejidos fundamentales (parénquima y colénquima) excluyendo el esclerénquima, más los tejidos meristemáticos. Los meristemas apicales y axilares de raíz y tallo son reconocidos y nombrados por Nägeli (1858), pero no aparecen mencionados ni en los programas de Bayón (1868; 1873), ni en Hurtado (1891).

Bayón también analizó la estructura interna de las células reconociendo que cada una presenta su pared propia, no compartida, idea atribuida a Mirbel (1809), a la que nombra indistintamente membrana o pared, “un líquido organizable ó Plasma, con algunas granulaciones o Citoblastos” [citoblastos = organelos en este contexto] (Hurtado, 1891).

Bayón también reconoce, en el sentido de Virchow (1859), que toda célula proviene de otra célula: “La Célula, por su multiplicación, engendra el tejido celular; y éste, por transformaciones sucesivas, los demás tejidos vegetales”. (Hurtado, 1891). Existe por tanto una idea general de diferenciación celular. Sin embargo, esta diferenciación se atribuye a una fuerza vital: “Esta célula ó utrícula, experimenta, bajo la acción de la fuerza vital, diferentes cambios constitucionales y morfológicos, sin variar de naturaleza, y viene a ser por lo expuesto, la base primordial, y el punto de partida de toda organización” (Hurtado 1891).

Bayón distinguía tres tejidos que se observan bajo microscopio: el tejido celular, utricular o vesicular, el tejido vascular y el tejido fibroso. La forma de las células del tejido utricular sería primariamente esférica, elíptica o polihédrica como respuesta a las presiones de los demás tejidos. La pared celular presenta puntos, rayas, anillos, espirales o redes que se generan “por aglomeración o depósito de materia intercelular” (Hurtado, 1891), idea equívoca defendida por Schleiden (1838), en tanto que desconoce el crecimiento por deposición interna de la pared secundaria propuesto por Hugo von Mohl (1844). Reconoce que la pared está compuesta por una sustancia ternaria llamada *Celulosa* [...] isómera de la *Fécula* y de la *Dextrina*” (Hurtado, 1891). Obviamente no hace referencia a la membrana celular (fosfolipídica) pues el microscopio óptico no permite verla. La membrana celular fue postulada hasta principios del siglo XIX por investigaciones experimentales de la fisiología celular y su posterior visualización mediante el uso del microscopio electrónico de transmisión.

En cuanto al plasma, “o mejor protoplasma” (término dado por Von Mohl, 1946), señala que es “una sustancia líquida mucosa, *azoada* ó *cuaternaria*, abundantemente provista de *granulaciones*, que ocupan el centro de la útrícula, y están animadas de cierto *movimiento giratorio*, llamado *bronniano*” (Hurtado, 1891). Bayón confunde el movimiento giratorio del citoplasma (ciclosis), descrito por Corti (1774),

con el movimiento Browniano, movimiento microscópico al azar en el interior de granos de polen, descrito por Robert Brown (1828).

La clorofila y la fécula (almidón) hacen parte de los organelos denominados cloroplastos y amiloplastos. “La clorofila ó Materia verde, es esta sustancia que se encuentra distribuida entre las mallas del tejido celular, [...] es un compuesto de diferentes materias, tales como cera, resinas y varias sales de hierro. Por su composición química, la Clorofila presenta cierta homología, con el Índigo. De candolle le ha dado el nombre de *Crómula*” (Hurtado, 1891).

Aquí el uso del término clorofila es ambiguo; por una parte, la clorofila como pigmento habría sido aislada por Joseph Caventou en 1817 (Delépine, 1951); por otra parte, el organelo que la contiene fue identificado por Julius Sachs (1865). Bayón lo compara con otro pigmento, el índigo, pero seguramente por observación de las estructuras anatómicas que lo contienen, afirma que no es un principio inmediato, sino conformado por ceras, resinas y varias sales de hierro. Esto último resulta interesante porque las ferroproteínas son importantes en las cadenas de transporte de electrones que se da en los cloroplastos, pero el hierro no hace parte del pigmento, en su lugar se encuentra el magnesio. Finalmente, el núcleo es definido como “un corpúsculo de forma lenticular, irregularmente globoso, aplicado contra un punto de la pared de la célula, circundado por el plasma”, su función se discute en torno a su papel en la división celular (Hurtado, 1861).

TEORÍAS EN RELACIÓN CON LA DIVISIÓN CELULAR

De acuerdo con Hurtado (1891), Bayón reconoce tres teorías relacionadas con la multiplicación celular:

Crecimiento extra-utricular: Atribuida a Mirbel (1809) y Duhamel y rechazada por Unger y Mohl. Las nuevas células se forman por espesamiento y condensación a partir de un jugo nutritivo, materia intercelular, cistoblastema o cambium que se presenta en los espacios entre las células que existen previamente.

Crecimiento intra-utricular: Esta es la hipótesis de Schleiden (1838) sobre el origen de las nuevas células a partir del núcleo de las preexistentes; los nucleolos serían células rudimentarias o en formación; el citoblasto o núcleo puede desaparecer en la célula madura. Bayón cita la teoría como opinión de algunos autores, aunque la considera improbable (Hurtado, 1891), al menos para las células vegetales.

Crecimiento por segmentación y multiplicación intra-celular: atribuido a Unger (1846), en el cual las nuevas células se forman por división de una previa de dos maneras posibles:

Crecimiento por multiplicación: “al interior, y en la parte media de la nueva célula, se ven aparecer *pequeños repliegues celulares*, que van creciendo insensiblemente, hasta venir a

formar un repliegue completo que divide la cavidad de la utrícula en dos partes ó cavidades, cada una de las cuales se dilata, y se convierte en una nueva célula” (Hurtado, 1891).

Crecimiento por segmentación: Atribuida a Unger, consiste en “el estrangulamiento externo de la Célula madre, de manera de seccionarla en dos; cada una de las nuevas células se estrangula igualmente en dos, y así sucesivamente” (Hurtado, 1891).

Hoy sabemos que para las plantas, que presentan pared celular, la división ocurre por multiplicación intracelular con formación del fragmoplasto (pequeños repliegues celulares) y conformación de una pared intermedia (crecimiento por multiplicación), mientras que en los animales, cuyas células no presentan pared celular, se da por segmentación; esto es, estrangulamiento de la célula madre. Sin embargo, Bayón se inclina por el crecimiento por segmentación, señalando que es la explicación generalmente aceptada por los fitotomistas, y por ofrecer una analogía evidente con la multiplicación y crecimiento de las células animales.

En favor de Bayón debemos decir que presenta un avance sobre las ideas previas de Schleiden (1838), primero porque da importancia al protoplasma en la división celular y segundo porque explica la verdadera naturaleza de núcleo celular, no como una célula en formación, sino como un orgánulo de las mismas. Se reconoce además la importancia de unificar el entendimiento de los procesos de división entre animales y plantas (Remak, 1852), aunque en este punto fue demasiado lejos. Bayón termina diciendo ¡¡Es por una célula que comienzan los animales y las plantas!!, lo cual está en la línea que conduce al concepto de ciclos de vida, al reconocer que todos los organismos comienzan a partir de una sola célula.

En este punto clave de la teoría celular, el curso de Bayón, transcrito por Hurtado (1891), resulta no solo más claro, sino que se ha actualizado en relación con Colmeiro (1954), porque la explicación respecto a la forma de crecimiento “intrautricular” está mucho mejor explicada y además diferenciada en dos tipos que hoy sabemos aplican distintamente a células vegetales y animales.

TEJIDOS FIBROSO Y VASCULAR

Bayón reconoce a continuación que los otros dos tejidos que conforman las plantas, fibroso y vascular, derivan del tejido celular; esto es, reconoce que la célula es la unidad estructural de las plantas (Hurtado, 1891). El floema es pobremente entendido, de tal manera que se habla de líber, pero en un contexto que confunde este tejido con el fibroso. Sobre el tejido vascular (xilema), identifica claramente el origen celular de los vasos:

“El sistema vascular no es sino la transformación del tejido celular, cuyas utrículas superpuestas, se han ido modificando, hasta perder el tabique que las separaba unas de otras [...] la unión de los vasos y de los diferentes tejidos anatómicos, se hace según toda probabilidad, por medio de una substancia amorfa, ó material intercelular. Que ha

recibido de algunos autores el nombre de Cistoblastema” (Hurtado, 1891).

El término citoblastema presenta varios significados; en la teoría intercelular de Marbel y Duhamel sería la sustancia que por condensación daría lugar a nuevas células; para Schleiden y Schwann aparece simplemente como una sustancia que actúa como “cola” manteniendo unidas las células. Bayón utiliza citoblastema en este último sentido, equivalente al término lamela media que utilizamos en la actualidad.

MERISTEMOS

El término meristemo fue utilizado por primera vez por Carl Wilhelm von Nägeli en su libro *Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik* (Nägeli, 1858). Se deriva de la palabra griega merizein (μερίζειν), es decir, dividir, en reconocimiento de su función inherente. Sin embargo, no es utilizado en el *Compendio* de Ceferino, ni en el programa de Bayón.

Sin embargo, en la sección XII (Hurtado, 1891) se habla de las yemas como “cuerpos arredondados, ovoideos ó alargados y ligeramente puntiagudos hacia la cima que aparecen sobre el tallo y sus ramificaciones; generalmente en la axila de las hojas”. Más adelante se reconoce su composición de tejido celular (el menos “diferenciado”), y su función de dar “origen á un nuevo individuo vegetal, razón por la cual, algunos autores la han comparado á un verdadero *embrión*; sin embargo, los botones no pueden desarrollarse libremente como el *verdadero embrión*, sino pegados o fijos á un tallo vivo, y esta circunstancia ha valido a las yemas el nombre de “*Embriones fijos*”. Se reconoce así la similitud de la estructura generatriz (meristemo) de los extremos de los tallos o de las axilas de las hojas con el ápice caulinar del embrión.

Se reconoce también la existencia del cambium vascular o “zona generatriz” (denominado por Bayón *endodermis*) que da lugar al xilema y floema secundario y que explica el crecimiento en grosor de las plantas arbustivas y arbóreas, de la siguiente manera:

“Debajo del *líber* se encuentra la última capa del sistema cortical, que es la *Endodermis* ó *Capa sublíberiana*. Esta capa formada exclusivamente de tejido utricular de *formación reciente*, es la que separa el *líber* [floema secundario], del *cuerpo leñoso* [xilema secundario]; y además, es en ella en la que se verifica *anualmente*, el fenómeno de *Crecimiento de la última Capa de madera y de Corteza* [crecimiento secundario]; pues es por su cara interna que circula abundantemente la *Savia*, en cada estación de Primavera, y por cuya razón se ha dado á esta cara interna de la endodermis, el nombre de Cambium o *Zona generatris* (Hurtado, 1891).

FECUNDACIÓN

Nehemiah Grew fué el primer botánico que mencionó explícitamente al estambre como órgano masculino de la

flor en su libro *the anatomy of plants* (Grew, 1682); pero fue Rudolph Jakob Camerarius (1665 - 1721) quien propuso la idea de fecundación en plantas en *De sexu plantarum* (Camerarius, 1694). Basados en los autores anteriores, Karl von Linnaeus (1707 - 1778) escribió su tesis *Praeludia sponsaliorum plantarum*, en referencia a la sexualidad de las plantas (Linnaeus, 1729) y el *Genera plantarum* (Linnaeus, 1754) agrupó los géneros de plantas en 24 grandes grupos o clases, según las semejanzas o diferencias en el número y disposición de los órganos reproductivos florales, las anteras y el gineceo. Posteriormente Joseph Gottlieb Kölreuter (1733 - 1806), en *Vorläufige Nachricht von einigen, das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen* (Kölreuter, 1761), resaltó el significado de la polinización en la generación de semillas y del papel de los insectos en este proceso.

El sistema sexual de Linneo fue rechazado por algunos contemporáneos debido a sus connotaciones sexuales; sin embargo, los botánicos franceses lo criticaron más bien por su carácter artificial; esto es, porque disociaba en grupos diferentes plantas que estaban previamente agrupadas por diversos caracteres.

Giovanni Battista d'Ámici (1824) estudiando el estigma de *Portulaca oleracea*, descubrió que granos de polen que se encontraban sobre él generaban una especie de tubo que crecía y entraba en los tejidos del estigma, alargándose poco a poco hasta entrar en contacto con los óvulos.

Matthias Schleiden (1837) propuso, equivocadamente, que el extremo del tubo polínico era quien empujaba la membrana del saco embrionario y se convertía directamente en la vesícula embrionaria, que luego se sometía a varias divisiones para producir el embrión. El saco embrionario sería, por lo tanto, una especie de nido o incubadora dentro del cual se nutriría el extremo del tubo de polen para dar lugar a una nueva planta. En este caso no se daría propiamente fecundación. El polen ya saldría fecundado de la antera.

Amici (1847) descubrió la verdadera relación entre el tubo polínico y el embrión. En una reunión en Padua, mostró que en una orquídea del género *Orchis sp.* el embrión no surgió de la punta del tubo polínico, sino de una parte preexistente del óvulo, que fue fertilizada. Esto generó una controversia entre partidarios de la teoría de Schleiden como Hermann Schacht (1850) y partidarios de Amici como Wilhelm Hofmeister. Este último publicó en (Hofmeister, 1849) sus observaciones sobre 38 especies de 19 géneros de angiospermas, mostrando que en todos los casos el embrión se origina a partir de una célula preexistente en el saco embrionario y no del tubo polínico. De esta manera terminó con las controversias. Esta sería la prueba definitiva de la fecundación en plantas, aunque el mecanismo de singamia (unión de gametos) sería observado y publicado por Strasburger (1884) y la doble fecundación en angiospermas por Nawaschin (1898).

Bayón, siguiendo a Ámici, consideró que “el polen es la materia fecundante de los vegetales [...] está constituido por una verdadera célula ó utrícula, compuesta de dos membranas de una extrema tenuidad. La membrana externa se llama *Exhimenina* [exina], y la interna *Endhimenina* [intina]. El interior de esta célula ó utrículo polínico, está lleno de un líquido mucilaginoso, que es la sustancia prolífica por excelencia, y se denomina Fóvilla. La Fovilla [...] contiene en suspensión una cantidad de granulaciones microscópicas, de diversas formas, y animadas [...] de movimiento *Browniano*” (Hurtado, 1891)

En cuanto al óvulo, Bayón describió acertadamente el proceso de desarrollo del óvulo y su estructura: “está constituido por un cuerpo central primitivo (la nuececilla o núcula), envuelta por dos membranas, una externa la *primina*, y otra interna, la *secundina* [...] que dejan cada una, una pequeña apertura. La abertura de la *primina* se llama *Exóstomo*, y la de la *secundina*, *Endostomo*” (Hurtado, 1891) Actualmente la nuececilla se denomina nucela, y la *primina* y *secundina* se denominan integumento externo e interno, respectivamente.

A continuación, Bayón describió la formación del saco embrionario: “Pasado cierto tiempo en que la estructura de la nuececilla, había quedado reducida á una masa continua de tejido utricular, bien pronto comienza á escavarse ó ahuecarse en su interior una verdadera cavidad. Las paredes de esta cavidad constituyen una tercera membrana [...] llamada saco embrionario. En el interior del saco embrionario aparece hacia su parte superior, una pequeña vesícula llamada *Vesícula embrionaria*, [...] es en el interior de la vesícula embrionaria, donde se desarrolla el embrión” (Hurtado, 1891). Bayón también indicó varias estructuras del embrión denominadas filete o hilo suspensor y tubo confertoide, que son difíciles de relacionar con las estructuras que actualmente se reconocen en el saco embrionario; pero esto es perfectamente lógico pues aunque Hofmeister (1848) describe por primera vez el saco embrionario [gametofito femenino] de las angiospermas, su estructura solo quedará plenamente establecida por Strasburger (1877). Lo importante es que Bayón identificó a la vesícula embrionaria [ovocélula] como la estructura que es fecundada y generó el embrión, lo cual significa que conoce el desenlace del debate Ámici-Schleiden y el trabajo de Hofmeister (1849) que lo dirime definitivamente.

En relación con el proceso de fecundación o transformación de los óvulos en semilla, se describe en detalle la modificación del estigma secretor para recibir el polen, la hidratación de los granos de polen y la conformación del tubo polínico en cuyo interior se encuentra la “fovilla o líquido prolífico”, su crecimiento a través de los tejidos del estigma y posteriormente del tejido conductor del estilo hasta el ovario. Indicando el tiempo que duran en realizar este recorrido. “En el cólchico, gastan de 10 á 12 horas; en el

gladiolo de 2 á 3 días, y en algunas coníferas, hasta un año” (Hurtado, 1891).

El tubo polínico atraviesa el exostomo y endostomo, y al contacto con la vesícula embrionaria, estalla o revienta, y deja escapar el líquido prolífico que contenía; ó sea, “la fovilla [que] atraviesa, por absorción o por endosmosis, las paredes de la útricula primordial y [...] en contacto con el líquido granuloso de la vesícula embrionaria, da a esta vida, y propiedades nuevas, que la hacen apta para organizarse y convertirse en Semilla [...] La unión de estos dos elementos constituyen el acto más importante de la Fisiología vegetal, al mismo que el más misterioso entre todos” (Hurtado, 1891).

Bayón no reconoce que dentro de las “granulaciones” de la fovilla se encuentra núcleos y que estos son los que dan lugar a la fecundación, pues el proceso de singamia, unión de la ovocélula con un núcleo espermático proveniente del tubo polínico, sería descubierta por Strasburger (1884) y la doble fecundación, unión en plantas con flores de otro núcleo espermático con dos células del saco embrionario para dar lugar al endosperma, por Nawaschin (1898).

DISCURSO DE CARLOS MICHELSEN (1868): ANALOGÍAS ENTRE LOS REINOS ANIMAL Y VEGETAL

Dentro de los discursos que los estudiantes de la Universidad Nacional debían presentar al final del año lectivo, al estudiante Carlos Michelsen Uribe le correspondió el de la clase de Botánica. Su discurso surgió probablemente como reacción a la definición de vegetal del libro de Colmeiro (1854), y en torno a las ideas desarrolladas en la última parte del curso de botánica de Francisco Bayón.

Colmeiro (1854) comenzó definiendo la botánica y su objeto de estudio, contrastando el reino vegetal y el animal, para ello contrapuso la nutrición, la estructura, el crecimiento y la reproducción de plantas y animales, concluyendo qué: “todo lo que anatómica y fisiológicamente diferencia a los vegetales de los animales se explica por la falta de sensibilidad y movilidad”. Esta posición corresponde a ideas clásicas de Aristóteles, actualizadas por Linneo “*Vegetabilia crescunt et vivunt; animalia crescunt, vivunt et sentium*”. Sin embargo, estas diferencias son cuestionadas durante los siglos XVIII y XIX por el descubrimiento de la sexualidad en las plantas y por diversos trabajos relacionados con el movimiento de algunos órganos y estructuras vegetales.

Como se indicó anteriormente, los trabajos de Grew (1682), Camerarius (1694), Linnaeus (1729, 1754) y Kölreuter (1761), introdujeron la sexualidad en la botánica. El abuelo de Charles Darwin, Erasmus Darwin (1806), escribió un extenso poema titulado *The loves of plants* asociado al sistema sexual de clasificación de Linnaeus. Sin embargo, introducir el sexo en el reino vegetal contó con numerosos contradictores, el debate generado puede examinarse en Taiz y Taiz (2017).

Cuando se comenzó a describir anatómicamente las estructuras involucradas en los procesos de fecundación y desarrollo embrional de plantas a mediados del siglo XIX, el debate resurgió. Como se indicó previamente, Bayón describió estructuras del saco embrionario y del embrión en desarrollo haciendo analogía con el desarrollo embrionario animal, la pared del saco embrionario sería equivalente a la membrana del amnios, el sitio al que se une el óvulo y posteriormente la semilla sería la placenta, y el Hilo, o filete suspensor que une al embrión propiamente dicho con los tejidos de la semilla en formación sería el cordón umbilical (Hurtado, 1891). Por ello no debe sorprendernos que Michelsen (1868) diga: “La planta como el animal, necesita, antes de venir al mundo, de padres que depositen en una célula de su cuerpo una chispa de la fuerza incomprendible que llamamos vida, para que, convirtiendo el óvulo en grano, pueda, así como el huevo de los animales, dar nacimiento a individuos en todo semejantes a aquellos de que proviene”.

Sin embargo, sorprenden algunas aseveraciones posteriores, Michelsen (1868) afirma: “La analogía que existe entre los dos reinos que me ocupan es tal, que su separación solo se admite hoy porque se niega al vegetal la facultad que poseemos de movernos i de darnos cuenta de las impresiones producidas por los agentes exteriores: en una palabra, porque no conocemos el sistema nervioso de los vegetales. Más, que pruebas tenemos de que los vegetales no sienten? Ninguna. Impotentes para conocer su sensibilidad, hemos querido darle una análogo a la nuestra, poniéndole así un obstáculo más para encontrarla”.

Esta sorpresa se atenúa cuando se revisan trabajos publicados en Francia por esa misma época. Diversos autores, incluyendo Candolle, se interesaron por el tigmotropismo, cierre de las hojas como respuesta al tacto, de la *Mimosa sensitiva*. Marcet (1849) observó como la aplicación de cloroformo en el pecíolo de las hojas de *Mimosa* las insensibilizaba e impedía que cerraran posteriormente; además, dicho efecto anestésico se transmitía a hojas cercanas. Marcet se preguntó: “¿Podría existir en esta planta un órgano especial susceptible de ser afectado por ciertos venenos vegetales de una manera análogo al sistema nervioso de los animales?”.

Probablemente en relación con este o trabajos similares Michelsen (1868) afirmó: “Es, pues, fácil poner en duda la pretendida enorme diferencia de estos dos reinos; i una vez allí la ciencia, progresando como siempre, podrá quizás decirnos: “ved, este es el sistema nervioso de los vegetales”. Entonces tendremos solo un reino orgánico i separado en dos grandes secciones; seres organizados que se mueven, i seres organizados inmóviles”.

Pero el ejemplo de sensibilidad propuesto por Michelsen (1868) no fue la *Mimosa sensitiva*, fue el “de ciertas plantas dioicas acuáticas que, al tiempo de abrir sus flores salen flotando a la superficie del agua mostrando todo su

esplendor, i dirigiéndose la una a la otra se felicitan dando señales inequívocas del placer que sienten al hallarse en sus deseadas bodas”.

Michelsen (1868) se refiere a la *Vallisneria spiralis* L., planta acuática que crece sumergida, pero cuyas flores femeninas presentan un pedúnculo largo y espiralado que se alarga colocando el estigma a nivel de la superficie del agua. La inflorescencia masculina es un espádice sumergido que abre y libera las flores masculinas, estas aún cerradas flotan hasta la superficie, se dispersan con ayuda de las corrientes y el viento, al madurar abren, y cuando se acercan al estigma de la flor femenina son “atraídas” por la depresión generada por el peso de la flor femenina en la superficie del agua, transfiriendo el polen a los dos estigmas pegajosos (Taiz y Taiz, 2017).

Este ejemplo, junto con el de la *Mimosa sensitiva*, son citados por Erasmus Darwin, en forma analógica con el reino animal en *The loves of plants* (Darwin, 1806): “la flor masculina de *Vallisneria* se acerca aún más a la aparente animalidad, pues se desprenden de la planta y flotan en la superficie de las aguas para encontrarse con sus hembras”. Por tanto, este poema podría ser otra fuente, primaria o indirecta, para el discurso de Michelsen (1868).

Como se ve, el debate planteado en el discurso es fisiológico, incluso sexual, pero definitivamente no evolutivo. Entre otras razones, lo anterior podría estar relacionado con el hecho de que los libros de botánica de Charles Darwin, entre los cuales están *Insectivorous plants* (Darwin y Darwin, 1875) y *The power of movements in plants* (Darwin, 1880), y sus debates acerca de la sensibilidad, movimiento, e incluso inteligencia de las plantas, sucedieron en fecha posterior al curso de Bayón.

El valor del discurso de Michelsen (1868) debe interpretarse en términos de tomar partido de un debate contemporáneo, discutir ideas de Colmeiro (1854), tomando distancia de él. Este mérito sin duda se debe al propio Bayón y su curso. Además, este sigue siendo un debate actual, el lector puede consultar, por ejemplo, Mancuso et al. (2015) vs. Taiz et al. (2019).

LA BOTÁNICA DE BAYÓN EN CONTEXTO HISTÓRICO

Existen varios conceptos importantes de la teoría celular que surgen entre el curso de Bayón (1868) y la publicación del *Compendio* de Hurtado (1891), y que no aparecen consignados en este último; por ejemplo, el estudio detallado del desarrollo del embrión de mono y dicotiledóneas (Hanstein, 1870), o la descripción de la estructura del saco embrionario (Strasburger, 1877), o la singamia (Strasburger, 1884) lo cual ratifica las propias palabras de Hurtado (1891) en el sentido de que su compendio fue fiel al curso de Bayón. Tal vez por esta razón Díaz (1996) dijo que era una obra bastante completa, de carácter general, no muy original en la parte descriptiva, pero sí muy bien

sintetizada. Diríamos además que desactualizada para el momento de su publicación.

El análisis de líneas de tiempo nos permite señalar que el curso de botánica de Francisco Bayón se basó fundamentalmente en Colmeiro (1854). Existen algunos conceptos referentes al crecimiento y división celular en los que Bayón sigue a este autor, pero resulta más claro y preciso. Por otra parte, Bayón incorpora el concepto de Virchow (1859), posterior al libro de Colmeiro (1854), de que toda célula se origina de otra célula.

En cambio, en el curso de Bayón no aparecen otros conceptos surgidos antes de 1868, como el de meristemo (Nägeli, 1858), los cloroplastos como organelos, llamados corpúsculos de clorofila por Sachs (1865), la anatomía de los gametofitos masculinos y femeninos (Hofmeister, 1848 a y b) y la unidad del ciclo de vida con alternancia de generaciones de todas las plantas terrestres (Hofmeister, 1862). Estos últimos ausentes también en Colmeiro (1854). Los cuatro textos citados tienen en común el haber sido escritos en Alemán.

Kaplan and Cooke (1996) se preguntan ¿porqué si el trabajo de Hofmeister se ve a *posteriori* tan importante como el de Mendel y Darwin, su reputación quedó eclipsada?, y responden argumentando que sus libros no fueron traducidos del alemán al inglés (y aún menos al español). Aunque un texto de Hofmeister en alemán publicado en 1851 fue traducido al inglés por la Ray Society de Londres (Hofmeister, 1862), la densidad de sus escritos resultaba impenetrable para muchos investigadores.

Por otra parte, uno de los grandes aciertos de F. Bayón fue utilizar como base el libro de Colmeiro (1854). Blanco (1982) señaló que “Miguel Colmeiro es uno de los primeros botánicos que en nuestro país [España], abandona el trabajo de campo para dedicarse al trabajo de gabinete. Se preocupa de manera especial de conocer y valorar las producciones científicas tanto nacionales como extranjeras”. El curso de botánica de Colmeiro (1954) tiene el gran mérito “de no limitarse en su obra a la exposición de la teoría de Schleiden sobre el origen de la célula, sino que también considera las teorías de Mirbel, Unger, Mohl y Richard”. El primero y último de los libros de estos cuatro autores también los tiene Bayón a su disposición (Bayón, 1873). Según señala Blanco (1982), aunque Colmeiro (1954) marca el inicio de la aceptación de la teoría celular por los naturalistas españoles, durante la segunda mitad del siglo XIX, en la academia española, existen diversos autores que no aceptan a la célula como unidad morfofuncional de los organismos, en tanto que otros no aceptan que toda célula se origine de otras células previas.

CONCLUSIÓN

La teoría celular fue incorporada plenamente a los cursos de Botánica dictados por Francisco Bayón (1868, 1873),

la desactualización en algunos aspectos se explica porque las fuentes principales de Bayón son textos españoles y franceses y por la ausencia de traducciones de los trabajos pioneros que surgían en Alemania. En este sentido, podemos afirmar que la Escuela de Ciencias dio un paso desde la historia natural y plantó un pie sobre uno de los pilares de la biología moderna, la teoría celular.

AGRADECIMIENTO

Al proyecto “Mutis, Rother y Pérez-Arbeláez: Un encuentro entre la arquitectura y la biodiversidad andina” (Código Hermes: 47265), en cuyo contexto se realizó esta investigación. A Jairo Pinto, por su apoyo en la consecución de textos científicos del siglo XIX.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Amici, G. B. (1824) Observations microscopiques sur diverses espèces de plantes. *Annales des Sciences Naturelles Botanique*, 2, 41-70.
- Amici, G. B. (1847). Sur la fécondation des Orchidées. *Annales des Sciences Naturelles Botanique*, 7, 193-205.
- Ancizar, M. (1869). Informe del rector de la Universidad Nacional. *Anales de la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia*, 5(1), 431-441.
- Agutter, P. S. y Wheatley, D. N. (2008). *Thinking about life: the history and philosophy of biology and other sciences* (pp. 215-228). Springer Science and Business Media.
- Bateman, A. (1956). Una misión científica en los albores de la república. *Boletín de la sociedad geográfica de Colombia*, 50(14), 1-21.
- Bayón, F. (1868). Escuela de Ciencias Naturales. Programa de Botánica. *Anales de la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia*, 1(3), 291-295.
- Bayón, F. (1871). *Ensayo de Jilolojia Colombiana, o clasificacion i descripcion de las maderas Colombianas* (pp. 149). Imprenta de Medardo Rivas.
- Bayón, F. (1873). Escuela de Ciencias Naturales. Programa de Botánica i Botánica médica. *Anales de la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia*, 7(59), 516-519.
- Blanco, A. G. (1982). La aceptación de la teoría celular por los naturalistas españoles. En *Actas II Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y del las Técnicas* (pp. 133-150). SEHCYT, Jaca.
- Brown, R. A. (1828). A brief account of microscopical observations made in the months of June, July and August 1827, on the particles contained in the pollen of plants; and on the general existence of active molecules in organic and inorganic bodies. *The Philosophical Magazine*, 4(21), 161-173. <https://doi.org/10.1080/14786442808674769>
- Camerarius, R. J. (1694). *Oratio De Quercum Gallis, Quae legitur in Epistola ejus de sexu plantarum* (pp. 44-47). Scripta ad Michael Berhanard Valentini.
- Colmeiro, M. (1854). *Curso de Botánica: Organografía y fisiología con principios de patología* (pp.581, Parte 1ª, Don Angel Calleja ed.). Libr.
- Cortés, J. D. (2017). La Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia: Argumentos, debates y críticas en sus primeros años (1867-1876) En: E. D. L. M. R. Zea, C. H. Sánchez, G. A. S. Carrero, (Eds.). *Universidad, Cultura y Estado, Tomo I* (pp. 18-55). Universidad Nacional de Colombia.
- Corti, B. (1774). *Osservazioni microscopiche sulla Tremella e sulla circolazione del fluido in una pianta acquajuola dell'abate Bonaventura Corti professore di fisica nel collegio di Reggio* (pp. 220). appresso Giuseppe Rocchi.
- Delépine, M. (1951). Joseph Pelletier and Joseph Caventou. *Journal of Chemical Education*. 28(9), 454-461. <https://doi.org/10.1021/ed028p454>
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life* (pp. 502). John Murray.
- Darwin C. y Darwin, F. Insectivorous plants. London: J. Murray; 1875. 428 p. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.82303>
- Darwin C. The power of movement in plants. London: J. Murray; 1880. 592 p. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.99933>
- Darwin C. y Wallace, AR. Selección natural: tres fragmentos para la historia. Madrid: Editorial CSIC; 2009. 85 p.
- Darwin E. The botanic garden; a poem in two parts. Part I. The economy of vegetation and Part 2. The loves of plants with philosophical notes. London: J. Johnson, St. Paul's Church Yard; 1806. 191-238.
- Díaz, S. (1996). Notas para la biografía de cuatro botánicos bogotanos del siglo XIX. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 20(76), 111-119.
- Díaz, S. (1999). La escuela de ciencias naturales de la Universidad Nacional de Colombia (1867-1902). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23, S513-S525.
- Dröscher, A. (2009). History of Cell Biology. En *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)* (pp. 1-7). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0021786>
- Grew, N. (1682). *The anatomy of plants: with an idea of a philosophical history of plants and several other lectures, read before the royal society* (p. 304). W. Rawlins.
- Hanstein, J. L. E. R. (1870). Die Entwicklung des Keimes der Monokotylen und Dikotylen. *Botanische Abhandlungen*, 1, 1-112.
- Hofmeister, W. F. B. (1848a). Über die Entwicklung des Pollens. *Botanische Zeitschrift*, 6, 425-674.
- Hofmeister, W. F. B. (1848b). Sur la Manière selon laquelle s'opère la fécondation chez les oenothères. *Annales des Sciences Naturelles Botanique*, 3(9), 65-72.

- Hofmeister, W. F. B. (1849). Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen (pp. 89, Hofmeister ed). Eine Reihe mikroskopischer Untersuchungen.
- Hofmeister, W. (1862). *On the germination, development and fructification of HigherCryptogamia and on the fructification of Coniferae* (p. 491). Ray Society. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.60930>
- Hurtado, C. (1891). *Compendio de Botánica Elemental* (pp. 422). Bethencourt. <https://archive.org/details/b28117967/page/n5/mode/2up>
- Kaplan, D. R., y Cooke, T. J. (1996). The genius of Wilhelm Hofmeister: the origin of causal-analytical research in plant development. *American Journal of Botany*, 8(12), 1647-1660. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1996.tb12823.x>
- Kuhn, T. S. (2013). La estructura de las revoluciones científicas (pp. 404). Fondo de Cultura Económica.
- Mancuso, S., Viola, A., y López, D. P. (2015). *Sensibilidad e inteligencia en el mundo vegetal* (pp. 142). Galaxia Gutenberg.
- Kölreuter, J. G. (1761). *Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen* (pp.150). In der Gleditschischen Handlung. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.49996>
- Linnaeus, C. (1729). *Praeludia Sponsaliorum Plantarum*. Uppsala University Library.
- Linnaeus, C. (1754). *Genera plantarum eorumque characteres naturales secundum numerum, figuram, situm, et proportionem omnium fructificationis partium (editio quinta ab auctore reformata et aucta)* (pp. 500). Salvius. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.746>
- Marcet, G. -P. (1849). On the action of chloroform on the sensitive plant (*Mimosa pudica*). *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 34(227), 130-132. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.746>
- Michelsen, C. (1868). Certámenes - Sobre Botánica. *Universidad de los Estados Unidos de Colombia*, 1(4), 351-354
- Mirbel, C. F. B. (1809). *Exposition de la théorie de l'organisation végétale: servant de réponse aux questions proposées en 1804* (pp. 71). Par la Société Royale de Gottingue.
- Mirbel, C. F. B., y Payen, A. (1949). *Organographie et physiologie végétale: mémoire sur la composition et la structure de plusieurs organismes des plantes; lu dans la séance du 3 février 1845*. Firmin-Didot.
- Mohl, H. (1844). Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle. *Botanische Zeitung*, 2(15-19), 273-342.
- Mohl, H. (1845). On the Structure of the Vegetable Cell. *Taylor's Scientific Memoirs* 1846;4: 91-114. Nägeli CW Wachstums-geschichte der Laub- und Lebermoose. *Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik*, 2, 138-209.
- Nägeli, C. W., Schwendener, S., y Leitgeb, H. (1858). *Beiträge zur wissenschaftlichen Beiträge zur wissenschaftlichen*. Engelmann. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.41397>
- Nawaschin, S. (1898). Resultate einer Revision der Befruchtungsvorgänge bei *Lilium martagon* und *Fritillaria tenella*. *Известия Российской академии наук. Серия математическая Boletín de la Academia de Ciencias de Rusia. Serie matemática*, 9(4), 377-382.
- Ortiz, L. J. (2017). La Universidad Nacional Colombia durante la guerra de las escuelas y la regeneración (1876-1899), En E. D. L. M. R. Zea, C. H. Sánchez, G. A. S. Carrero, (Eds.). *Universidad, Cultura y estado, Tomo I* (pp. 56-89). Universidad Nacional de Colombia,;
- Remak, R. (1852). Ueber extracellulare Entstehung thierischer Zellen und über Vermehrung derselben durch Theilung. *Archiv für Anatomie, Physiologie und Wissenschaftliche Medicin*, 19, 47-57.
- Richard, A. (1839). *Nuevos elementos de botánica y de fisiología vegetal* (pp. 291). Imp. de José Rubil.
- Sachs, J. (1865). *Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen* (pp. 514). W. Engelmann.
- Schacht, H. (1850). *Entwickelungs-geschichte des Pflanzen-embryon* (Vol. 3, pp. 234). J.C.A. Sulpke.
- Strasburger, E. (1877). *Über befruchtung und zelltheilung*. A. Abel.
- Strasburger, E. (1884). *Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen als Grundlage für eine Theorie der Zeugung* (pp. 52). G Fischer. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.8520>
- Schleiden, M. J. (1837). *Über Bildung des Eichens und Entstehung des Embryos bei den Phanerogamen*. Inst. d. KLC Ac. v. henry@Cohen.
- Schleiden, M. J. (1838). Beiträge zur Phytogenese. *Archiv für Anatomie, Physiologie und Wissenschaftliche Medicin*, 5, 137-176.
- Schwann, T. (1839). *Mikroskopische Untersuchungen ueber die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiers und Pflanzen* (pp. 270). Sanders'chen Buchhandlung.
- Taiz, L., Alkon, D., Draguhn, A., Murphy, A., Blatt, M., Hawes. C., y Robinson, D. G. (2019). Plants neither possess nor require consciousness. *Trends in plant science*, 24(8), 677-687. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.05.008>
- Taiz, L., y Taiz, L. (2017). *Flora unveiled: The discovery and denial of sex in plants* (pp. 528). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190490263.001.0001>
- Unger, F. (1846). *Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen* (pp. 131). Gedruckt und im Verlage bei Carl Gerold.
- Virchow, R. L. K. (1859). *Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre* (pp. 500). Hirschwald.