

Liebig: un hito en la Agronomía del siglo XIX

GASPAR GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Académico de Número de la Real Academia Nacional de Farmacia

1. INTRODUCCIÓN

Ante la deferente invitación de la Junta Rectora de esta Real Academia a participar en este acto, conocedor de las contribuciones de los académicos Dras. Francés y Avendaño y Drs. Jiménez y Sanz, sobre aspectos tan concretos de la actividad creadora de Justus von Liebig como la docencia, la química orgánica, la nutrición y la integración de conocimientos en química, y a las que sin duda harán brillantes aportaciones, pensé que bien podía ocuparme de las realizadas por el mismo a la agronomía, bien sabedor, – por lo que a continuación diré– de que no se puede tratar esta tecnología sin hacer inmediatamente mención a la química con que a veces –erróneamente– se identifica, y en la que Liebig basó sus aportaciones.

He de especificar, asimismo, que al distinguirlo como “hito de la agronomía” he querido destacar su faceta más trascendente: la de haber dado contenido real a este término, concretando las leyes que rigen la agricultura. Porque de hecho las palabras “agronomía” y “agrónomo” ya venían siendo utilizadas por tratadistas españoles, con el significado general de agricultura: por ejemplo “... conocimientos necesarios para gobernar haciendas de campo” (Charro Lorenzana, 1871) o para “divulgar los conocimientos agrarios entre los agricultores” (Hidalgo de Tablada, 1851). Con esto pretendo, asimismo, justificar la cita de Poincaré que encabeza mi intervención, porque últimamente se ha tendido y se sigue tendiendo a tratar la agronomía como una ciencia aplicada, cuando en realidad, se trata de una de las múltiples aplicaciones de la Ciencia como paladinamente la define la RAE “Conjunto de conocimientos aplicables al cultivo de la tierra, derivados de las ciencias exactas, físicas y económicas”. Así pues, la agronomía no es una ciencia aplicada, ni siquiera una “ciencia de síntesis”. Es, una **tecnología**,

es decir, una selección de conocimientos aportados por numerosas ciencias fundamentales o básicas (véanse los planes de estudio de las Escuelas técnicas medias y superiores de ingenieros técnicos y agrónomos desde su fundación) que, eso sí, con una metodología propia, – por ejemplo, los experimentos en campo abierto diseñados por Boussingault–, se traduce en muy diversas técnicas agrarias. Es, a este nivel práctico, cuando el técnico y el práctico se ven obligado a realizar una síntesis de saberes.

Sin embargo, los intentos de individualizar la agronomía como ciencia vienen ya de antiguo, se han basado en reafirmar la singularidad del “hecho agrario”. Aún hoy día en el reciente informe sobre “La investigación Agraria en España” (Lostao 2003), se insiste machaconamente en este hecho diferencial aunque no deja de reconocerse que, en esencia, la agronomía no es más que una síntesis de ciencias. Pues ni siquiera considerando su papel vital de producir alimentos –también la pesca y la caza lo suministran e incluso la química y la bioquímica (fermentaciones)– se puede justificar como una ciencia más, aunque si se individualice la investigación agronómica en razón de los fines y los medios. Ciertamente los conocimientos básicos: matemáticas, física, química, biología, economía, etc. se aplican a la agricultura como a otras muchas tecnologías.

Esta disquisición no es baladí, como a primera vista pudiera parecer, pues la “individualización” de la agronomía y consiguiente aislamiento del avance del conocimiento científico, fue en gran medida responsable del atraso de la agricultura durante todo el siglo XIX y gran parte del siglo XX. Efectivamente, en términos generales la actividad agraria no constituyó una tecnología avanzada hasta que el interés de los científicos, principalmente químicos y biólogos, se centró en hallar una explicación de los fenómenos responsables de la misma, y confluyó con los saberes prácticos adquiridos a lo largo de milenios liberándolos de mitos, magia y supersticiones. Y fueron precisamente Justus von Liebig, el primero en autodenominarse químico, máximo exponente de la agronomía en el siglo XIX, aplicando la química a los problemas de la fisiología y nutrición vegetal y animal; y Gregor Mendel, fraile benedictino dedicado a la biología vegetal, asentando las bases

genéticas de la mejora de los seres vivos, vegetales y animales, quienes con sus decisivas aportaciones en dos ciencias matrices a mediados del siglo XIX, los científicos que más han contribuido a perfeccionar la agricultura y, con ello a paliar el hambre de la humanidad.

2. ANTECEDENTES DE LAS APORTACIONES DE LIEBIG

A principios del siglo XIX, se contaba, por supuesto, con la experiencia acumulada por los agricultores desde los inicios de su actividad hace unos diez mil años, cuando se asentó en el neolítico y el hombre pasó de recolectar y cazador a cultivador y ganadero. Este saber práctico inicial, unido a mitos y relaciones mágicas o cósmicas, con el tiempo se empieza a concretar en normas o preceptos que se transmiten para resolver casos prácticos, primero por vía oral, más tarde en documentos y material gráfico diverso (planchas de arcilla, papiros, pergaminos, etc.). De este modo nos han sido legados los conocimientos de los pueblos primitivos; por ejemplo, de la civilización Akadia en la loseta que se conserva en el Museo Británico, de los egipcios, con los dibujos e inscripciones del “*Libro de los muertos*”; de los hebreos en el “*Deuteronomio*” entre los griegos, Hesiodo en “*Los Trabajos y los Días*”, no solo se elogia la agricultura, sino que da consejos sobre ella y ofrece normas a los labradores para que se preserven de la miseria de las deudas. Asimismo los romanos disponían de una extensa bibliografía con los conocimientos de los griegos y cartagineses. Entre sus autores más notables están los llamados geopónicos: Catón; Varron y el gaditano Colmuela quien cita a más de veinte autores entre los primeros y muy especialmente al cartaginés Magon. Esta bibliografía fue condensada en un volumen por Petrus Crecentius alrededor del año 1240: “*Ruralium commodorum libri duodecim*”. Es la etapa **principalista o formulista**, también **vitalista** por apelar a la existencia de un principio distinto de la materia, ajeno a las leyes físicas, en la explicación de los fenómenos biológicos.

Al lado de esto, los filósofos griegos, sobre todo Aristóteles, comienzan a aplicar la lógica formal a la explicación de los referidos fenómenos y este conocimiento más o menos informado por la citada experiencia, el mito, la magia y las supersticiones, persiste durante muchos años, llevando a **la etapa empírica** de los saberes agrarios. Se formulaban teorías sobre el crecimiento de las plantas y los animales, basadas en la experiencia, cuando no en ensayos cuya interpretación se falseaba por la falta, de un conocimiento profundo de los fenómenos. Dentro de esta etapa, dos fueron en líneas generales los antecedentes a las aportaciones de Liebig: la búsqueda del llamado “principio o fundamento de vegetación”, y las indagaciones en torno a “los nutrientes de las plantas”. (Russell, 1968).

2.1 LA BÚSQUEDA DEL PRINCIPIO DE VEGETACIÓN. EL AGUA Y LA TEORÍA DEL HUMUS

Ya a mediados del siglo XVI empezó a cundir la preocupación por hallar el “fundamento o principio de vegetación” como causa de la fertilidad del suelo, atribuyéndola de modo único o simultáneo al agua, a la materia orgánica, y a principios minerales, cuando no al aire... la temprana observación de que las deyecciones animales, los vegetales y cuerpos animales y otros residuos orgánicos descompuestos aumentaban la fertilidad del suelo, tardó mucho en tenerse en cuenta, por los estudios de dicho siglo e incluso posteriores. Francis Bacon (1561-1626) creía que el agua constituía el principal alimento de las plantas, siendo función del suelo mantenerlas enhiestas y protegerlas de los excesos de calor o frío, aunque afirmaba, asimismo, que cada planta extraía del suelo, además de agua, un jugo particular para su crecimiento empobreciéndolo para la misma. Van Helmont en 1652, basándose en el resultado –mal interpretado– de experimentos en tiestos con plantas de sauce afirmó también que el agua era el único alimento de las plantas, desestimando el papel desempeñado por la atmósfera y por las pequeñas cantidades de suelo que notó faltaban al pesar los tiestos utilizados en sus ensayos. De nuevo, Robert Boyle en 1661 se afianzaba en el papel

fundamental del agua, aseverando que la sal, espíritu, tierra y aún aceite podían proceder de aquella.

Sin embargo, los atisbos de lo que sucedía en la realidad se encuentran en Bernard Palissy quien ya en 1573 escribía: “*cuando los agricultores queman la paja sobrante sobre el suelo aumentan la fertilidad porque en las cenizas va la sal que previamente tomaron del mismo*”... “*el estiércol no sirve más que por la sal que dejan la paja y el heno al pudrirse*”.

Casi un siglo después, en 1656, el farmacéutico Glauberg sentó la hipótesis de que el **nitro** era el “principio de vegetación”, porque los notables incrementos de los rendimientos que provocaba la adición al suelo de la tierra recogida de establos que lo contenían, tenía que proceder necesariamente de la orina o deyecciones sólidas del ganado y estar en las plantas consumidas como alimento por el mismo. Esta hipótesis fue demostrada por John Mayow en 1674, al confirmar mediante experimentos que las cantidades de salitre del suelo eran máximas cuando las plantas comienzan a crecer en primavera, mientras que desaparecen con el posterior desarrollo vigoroso porque todo el nitro es absorbido por las mismas. Pese a esto, todavía en 1727 Boerhaave enseñaba que las plantas absorben los jugos de la tierra y después los convierten en alimento; “La materia prima, el **jugo radical primario**, de los vegetales, decía es un compuesto de todos los tres reinos, es decir, de cuerpos fósiles y partes purificadas de animales y vegetales”, a lo que considera como el *quilo* de la planta, encontrándose principalmente con el primer orden de vasos, es decir, en las raíces y el cuerpo de la planta que corresponde al estómago y a los intestinos del animal. Poco después, en 1741 Kùlbel, sostenía que el principio de vegetación era un “*magma unguinosum*” obtenible del humus, sentando un precedente de lo que más tarde se conocería como *teoría del humus*, desarrollada por Wallerius, profesor de química en Uppsala (Suecia) (Russell, 1968).

La situación al finalizar este periodo Jethro Tull, un sobresaliente agricultor de Oxford que introdujo la sembradora en líneas y la binadora de tracción animal (caballo)– además de sostener que el laboreo y los abonos orgánicos (“nitro”) evitan la “fatiga” del suelo y soslayan el barbecho, de

introducir la alternancia de cultivos y la siembra en bandas y el laboreo entre líneas– estableció tres principios que se aceptaron por los tratadistas agrarios de aquel tiempo: 1. Todas las plantas se nutren del mismo tipo de alimento. 2. Ninguna planta compite directamente por el alimento con otra que esté próxima. 3. Si dado el tipo de alimento que suministra un suelo se ha adaptado bien a un cultivo, siempre estará adaptado a ese mismo cultivo (Argemesi, 1988). Y también que los siguientes materiales contribuyen de alguna manera al crecimiento de las plantas, aunque se discute cual de ellos es el que verdaderamente forma el crecimiento o alimento: 1º nitro; 2º agua; 3º aire; 4º fuego (calor) y 5º tierra. (Russell, 1968).

2.2 LA BÚSQUEDA DE LOS PRINCIPIOS NUTRITIVOS DE LAS PLANTAS

Russell (1968) distingue en esta etapa dos periodos previos a las aportaciones de Liebig: el periodo flogístico (1750-1800), en el que se aplica la teoría del médico Sthal y el periodo moderno con las bases de la fisiología vegetal y lo que denomina “fundamentación de la ciencia agrícola”. En el primero sitúa los escritos de Francis Home (1757) en los que plantea hasta qué punto podría la química establecer los fundamentos de la agricultura y llega a la conclusión de que el alimento vegetal no es una cosa singular sino varias, y enumera seis: aire, agua, tierra, sales de diferentes clases, aceite y fuego en un estado fijo. Como prueba última aduce que “todos los vegetales y sus jugos rinden aquellos verdaderos principios y no otros mediante todos los experimentos químicos que hasta la fecha se han hecho sobre ellos con o sin fuego”. Pero Home además de reconocer que la nutrición vegetal depende de varios factores, indica con claridad los dos métodos a seguir para estudiar el problema: cultivos en tiestos y análisis de la planta.

Woodward en 1699, después de analizar los citados trabajos de van Helmont concluye que no era el agua, sino la sustancia térrea que contenía la que constituía los vegetales, bien mediante uso directo de abonos o dejando el terreno en barbecho para que la lluvia los restituyese al suelo, anticipando

de este modo el **principio de la restitución**. Wallerius, después de analizar plantas para descubrir los materiales de que vivían, concluía en 1761 que el humus es la fuente adecuada de alimento – *la nutritiva*–, mientras que los otros constituyentes del suelo son *instrumentalia*. (*Nutritio non fieri potest a rebus heterogenis sed homogeneis*: “La nutrición no puede realizarse a base de cosas heterogéneas, sino homogéneas”. De este modo se consolida la teoría del humus.

Sin embargo, Carl Wilhelm Scheele, boticario sueco que además de sus muchos descubrimientos de elementos químicos, – desgraciadamente atribuidos con posterioridad a otros– y de que la respiración de las plantas y animales vician el aire, afirmaba en 1774 que el suelo suministra solamente una parte muy pequeña, aunque absolutamente indispensable de alimento vegetal, constituida por nitrógeno y principalmente por álcalis y fosfatos, los que, en unión de agua pero en mucha menor proporción que ésta, se absorben por las raíces. En 1795 el conde de Dundonald añade los fosfatos alcalinos a la lista de sales nutritivas, pero concediendo un papel primordial al humus como alimento vegetal. El proceso de oxigenación, al progresar en el suelo insolubiliza la materia orgánica y, por consiguiente, la hace inútil para la planta; la caliza, “álcalis y otras sustancias salinas” la disuelven y la convierten en alimento vegetal, de aquí que estas sustancias debieran alternarse con el estiércol al usarlas como abonos, y de aquí, al igual que deducía Wallerius, el que los estiércoles fueran divididos en dos clases: los que aportan directamente alimento vegetal y los que tienen algún efecto indirecto. Todavía en 1796 escribió Kiwan que los álcalis parecen ser el producto del proceso de vegetación pues no existen o se encuentran en cantidades muy escasas en los suelos o en el agua de lluvia; sin embargo, casi medio siglo más tarde, Carl Sprengel (1832) en los años 1830-1840 estudiaba los constituyentes de las cenizas de las plantas considerándolas probablemente esenciales para la nutrición. De este modo se va abriendo paso la teoría mineral y con ella la química agrícola.

3. LA INICIACIÓN DE LA QUÍMICA AGRARIA. LA FISIOLOGÍA VEGETAL Y LA TEORÍA MINERAL

Pese a los avances señalados, bien puede decirse que hasta comienzos del siglo XIX el desarrollo de las prácticas agrarias apenas había sufrido el impacto del avance en el conocimiento científico de la naturaleza. Los agrónomos y los químicos, ignoraban realmente las exigencias nutritivas de los vegetales y todavía estaban argumentando en favor de la “teoría del humus”, sostenida aún hasta mediados de dicho siglo por Thaer, fundador en 1810 de la Primera Escuela Superior de Agronomía en Möglin (Alemania), e incluso, por notables científicos como Humphry Davy, Berzelius y Cuthbert Jonson.

Como más inmediatos precursores de Liebig hay que citar especialmente dos grandes figuras de la química: el malogrado sabio francés Lavoisier y el ginebrino Saussure.

Lavoisier, seguramente a fines del año 1772, precisó que *“Los vegetales toman del aire que les rodea, del agua y, en general, del reino mineral, las materias necesarias para su organización. Los animales se nutren de vegetales o de animales que a su vez se han alimentado con vegetales de manera que las materias que los forman en último término proceden siempre del aire y del reino mineral”*. Desgraciadamente estas ideas no fueron conocidas hasta que Dumas las dio a conocer en 1860 (André, 1918).

Pero la derrota que finalmente permitió llegar a buen puerto facilitó la introducción del método científico experimental en la química agraria por Saussure; aunque todavía en 1804 defendía la teoría del humus, no llegando a formular de modo preciso la restitución al suelo de las materias minerales que contenía; creía que el extracto que se obtiene al tratar el mantillo con agua contribuía a la alimentación de la planta, si bien no tomaba más que una pequeña parte de su propia sustancia. Saussure, a partir de 1804 y en especial en sus memorias de 1822 y 1833 demuestra, asimismo, que las plantas verdes

no tienen más carbono que el que toman del gas carbónico del aire. Elabora una teoría fundamental sobre el humus y las sales minerales, definiendo el primero de una forma que se aproxima mucho a la actual y demuestra que los elementos minerales pese a su exigua presencia en la planta, desempeñan un papel esencial, la forma en que absorben, así como los factores de que depende, anticipando el hecho comprobado modernamente utilizando isótopos radiactivos de que las hojas pueden desempeñar un papel parecido al de las raíces en la nutrición mineral. En fin, Saussure acaba con el **vitalismo** y señala el ocaso del **empirismo** recurriendo a experimentos rigurosos y explicaciones científicas físico-químicas para desentrañar los fenómenos biológicos. Sentó así, las bases de los descubrimientos de Liebig, que dieron paso al **axiomatismo** en la agricultura y de los trabajos iniciados en campo abierto por Boussingault en 1834, modelo para todos los agrónomos posteriores.

“El empirismo y el atraso de las ciencias físico-químicas – decía Liebig– son responsables de que el empobrecimiento del suelo por la agricultura no haya tenido ni una explicación satisfactoria ni un remedio oportuno, pese a que su influencia sobre las naciones es tal que puede expresarse con este aforismo: *“La prosperidad de los pueblos depende de la duración de la fertilidad del suelo”* (Liebig, 1854).

4. LIEBIG, FUNDADOR DE LA MODERNA QUÍMICA AGRARIA

Fueron tantos los originales logros de Liebig en el campo de la química orgánica y de sus métodos de análisis, que, como destaca el profesor Segundo Jiménez, con razón se le puede considerar uno de sus fundadores. Pero fue, sobre todo, el propulsor de sus aplicaciones a la fisiología vegetal y animal, a la agricultura y a la patología. Con sus primeros tres grandes tratados (Liebig 1840, 1840 b y 1842), y los escritores de divulgación en forma de cartas

G. GONZÁLEZ

ANAL. REAL ACAD. NAL. FARM.

(Liebig 1845 y 1851) va dando forma a lo que hoy conocemos como Química agraria.

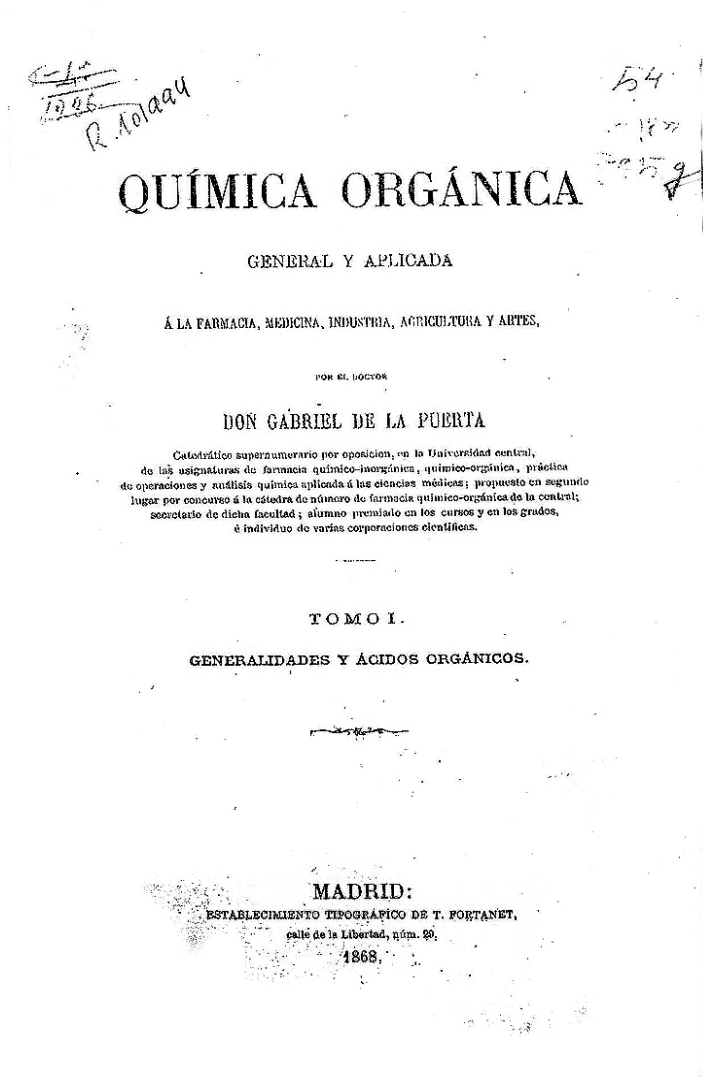


FIGURA 5

Ya el segundo de aquellos (*La química orgánica aplicada a la fisiología vegetal y a la agricultura*) causó un enorme impacto en el mundo de la ciencia, se tradujo a varios idiomas y se tiraron tres ediciones... “Con una exposición elegante y un fino sarcasmo – dice el tantas veces citado Russell– se dedicó a desdeñar a los fitofisiólogos y agrónomos de su tiempo por su continua adhesión, a pesar de las pruebas acumuladas, a la idea de que las plantas derivaban su carbono del suelo y no del ácido carbónico del aire”. “Todas las explicaciones de los químicos quedarán sin fruto e inútiles porque todavía para las grandes cabezas de la fisiología, ácido carbónico, amoníaco, ácidos y bases, son palabras sin significado, palabras sin sentido, términos de un lenguaje que no despiertan pensamientos ni asociaciones. Los experimentos citados por los fisiólogos en apoyo de sus ideas “carecen todos de valor para decidir sobre cualquier cuestión”. “Estos experimentos los consideran ellos como pruebas convincentes y, en realidad, únicamente sirven para despertar piedad”. Y los sarcasmos de Liebig hicieron lo que no habían podido conseguir la lógica de Saussure o de Boussingault: acabar completamente con la teoría del humus y afirmar las bases de la **“teoría mineral”**

Con la teoría mineral Liebig no admitía como sustancias indispensables más que aquellas que aparecían en las cenizas de las plantas. El nitrógeno era de importancia secundaria porque, en su opinión, existía casi siempre una cantidad considerable en los suelos por lo que no había lugar a su restitución.

La nueva teoría mineral – decía también Liebig– admite que el alimento de todas las plantas, a excepción de los hongos, es de naturaleza inorgánica, y que solamente en el organismo vegetal es donde la materia mineral se convierte en una sustancia susceptible de actividad orgánica. Por medio de elementos inorgánicos es como la planta produce todos los principios inmediatos que constituyen su propia sustancia, y que de principios simples nacen los muy complicados de la sangre, de la que todo el organismo animal está formado”. “Los vegetales, argüía, asimismo, tienen

una fuente inagotable de ácido carbónico en el aire, pero se ahorra tiempo en las etapas iniciales del desarrollo vegetal si el ácido carbónico va siendo generado en el suelo, pues entonces – afirmaba erróneamente– penetra en las raíces de las plantas y proporciona una cantidad mucho más elevada de sustancia nutritiva que aquella que están tomando las pequeñas hojas; por esta razón un aporte de humus, el cual está produciendo continuamente ácido carbónico, es ventajoso. Además, el ácido carbónico ataca y disuelve algunos de los compuestos alcalinos del suelo, incrementando así el suministro de alimento mineral. La verdadera función del humus es generar ácido carbónico.

Con el tiempo desarrolló su tesis y le dio forma cuantitativa: *“Las cosechas en un terreno disminuyen o aumentan en proporción exacta a la disminución o aumento de las sustancias minerales aportadas en el abono”*. Más adelante añade lo que después había de considerarse como **Ley del mínimo**: *“Por la deficiencia o ausencia de un constituyente necesario, estando todos los demás presentes el suelo se convierte en estéril para todos los cultivos en la vida de los cuales aquel especial constituyente es indispensable”*.

Los compuestos alcalinos del suelo no son todos igualmente solubles. Sobre ellos actúan procesos de meteorización, facilitados por el encalado y cultivo, llevando los relativamente insolubles a un estado más soluble. La solución final es afectada por el ácido acético excretado por las raíces de las plantas y el material disuelto penetra entonces en el vegetal.

La comprobación de la ganancia de nitrógeno en los prados abonados con álcalis y fosfatos solamente, le llevó a considerar más y más la atmósfera como la fuente de nitrógeno para las plantas, de modo que alguno de los pasajes de la primera y segunda ediciones de sus tratados, urgiendo la necesidad de abonos amoniacales fueron eliminados de ediciones posteriores. “Si el suelo es adecuado, si contiene una cantidad suficiente de álcalis, fosfatos y sulfatos, nada se encontrará en falta. Frente a este Boussingault sostenía que bastaba la aplicación de alguna forma de nitrógeno al suelo para mantener la fertilidad, dando lugar a una controversia que se mantuvo algún

tiempo entre la escuela alemana de los “alcalinistas” acaudillada por Liebig y la francesa de los “azotistas” defendida por Boussingault.

Finalmente afirmó que el nitrógeno se absorbe como amoníaco y este puede provenir del suelo, del abono añadido o del aire. Para que un suelo pueda mantenerse fértil es necesario y suficiente **restituir** bajo la forma de abono los constituyentes minerales y el nitrógeno que le han sido extraídos. Cuando se ha realizado un número suficiente de análisis de cosechas es posible entonces elaborar unas tablas que muestren al agricultor con precisión lo que tiene que añadir en cada caso particular. Siguiendo estas directrices elaboró y colocó en el mercado un abono artificial conocido como “*abono patentado de Liebig*”. Además su descubrimiento de que el tratamiento de los huesos con ácido sulfúrico incrementaba grandemente su valor fertilizante condujo al desarrollo de los superfosfatos por Lawes y Gilbert; y a Knop a desarrollar un abono (líquido de Knop) según su método de preparación de superfosfatos, líquido que aún se utiliza hoy día. Prácticamente sentó las bases de la industria de los fertilizantes químicos y de sus múltiples desarrollos, como los analizados por Segundo Jiménez en 1992.

Liebig dio una explicación racional al aumento de la fertilidad que provoca la práctica del **barbecho**. Frente a la extendida idea de que solamente servía para acumular el agua de lluvia en el suelo durante el año o más sin sembrar para ser aprovechada por la cosecha en que se siembra. Sostenía que el trabajo mecánico que supone al poner en contacto con el aire nuevas capas de tierra desmenuzada acelera la descomposición de la materia orgánica por acción del oxígeno liberando anhídrido carbónico que, en contacto con el agua, solubiliza nuevos elementos minerales.

Asimismo justificaba la **alternancia de cosechas (rotaciones)** por el hecho de sus diferentes necesidades de elementos minerales, siendo siempre la base del cultivo racional la restitución de la totalidad de las materias minerales exportadas (**Principio o Ley de la restitución**).

Liebig, ciertamente, aunque un gran teórico, no podía intuir entonces la enorme complejidad de los procesos implicados en la absorción de los

minerales del terreno por las plantas. Y surgieron las primeras críticas sobre la validez de sus ideas, sobre la adecuada constitución de los fertilizantes que aquel proponía, dado que los resultados prácticos no le avalaban.

Efectivamente, Lawes y Gilbert, –fundadores de la Estación Experimental Agrícola de Rothamsted (Inglaterra) en 1840– habían iniciado en 1852 los experimentos en campo abierto siguiendo las líneas generales de los empezados anteriormente por Boussingault y fracasan en sus ensayos con el “abono patentado”. En consecuencia, afirmaron en 1855, sin discutir la teoría, que las deducciones prácticas de Liebig eran erróneas.

Sin embargo pronto se vio que el abono se había insolubilizado por la fusión con caliza y fosfato de calcio para que no fuese arrastrado demasiado rápidamente con el agua de avenamiento. La futilidad del proceso de fusión no fue descubierta hasta que J.Way, demostró en 1850 que el suelo precipitaba las sales solubles de amonio y de potasio y los fosfatos, y Liebig se hizo cargo de su error. (Russell, 1968).

Después de Liebig y los citados ensayos en campo abierto iniciados por Lawes y Gilbert se sentaron de forma definitiva las siguientes conclusiones:

1° Los cultivos requieren fosfatos y sales de los álcalis, pero la composición de las cenizas no suministra información de confianza acerca de las cantidades que se necesitan de cada constituyente; por ejemplo los nabos necesitan grandes cantidades de fosfatos a pesar de que solo se encuentran en muy pequeña cantidad en sus cenizas.

2° Las especies no leguminosas requieren algo de nitrógeno, siendo igualmente beneficiosos los nitratos y las sales de amonio. Sin un suministro adecuado no se obtiene ningún aumento del desarrollo, aún cuando se añadan los constituyentes de las cenizas. La cantidad de amoniaco obtenible de la atmósfera es insuficiente para las necesidades de una cosecha. Las leguminosas se comportan de manera anormal.

3° La fertilidad del suelo se puede mantener, por lo menos durante algunos años por medio de abonos artificiales.

4º Los efectos beneficiosos del barbecho se deben al aumento en la cantidad de compuestos de nitrógeno y minerales utilizables del suelo.

5º Es conveniente o necesario alternar los cultivos como consecuencia de la absorción diferencial de elementos nutritivos del suelo por las diferentes cosechas.

Pero las aportaciones de Liebig al perfeccionamiento de la agricultura afectaron de modo decisivo también a la explotación ganadera, concretamente a uno de los pilares que la sustenta: la fisiología de la alimentación animal, Liebig en el citado tratado de 1840 y en una obra de divulgación publicada en 1851, coincide con Magendie en desacreditar mediante demostraciones experimentales las tesis vitalistas. Insistía, con razón, en basar positivamente las cuestiones de fisiología en trabajos de Química orgánica.

Además de establecer que los alimentos estaban compuestos de tres principios inmediatos (hidratos de carbono, grasas y proteínas), comunicó sus ideas acerca del metabolismo energético, estableciendo que la energía de origen alimenticio, medida por los diferentes valores caloríficos de las materias alimenticias, es la causa positiva de los fenómenos biológicos fundamentales; asienta así que el calor animal es el simple resultado de un proceso fisico-químico, de una combustión lenta, continua, de estos principios, en el seno de todos los tejidos, siendo sus manifestaciones más visibles la absorción de oxígeno, la correlativa formación de anhídrido carbónico y agua y la liberación de energía térmica (cinética), y que la respiración está relacionada con el movimiento del protoplasma, y con el crecimiento; habla, en fin, de la influencia de las sales en la nutrición y da la composición de las sustancias nitrogenadas de la economía animal y de los efectos de los regímenes alimenticios. En su estudio de los compuestos proteínicos, Liebig (1842, 1843), afirma que el ejercicio muscular de los caballos y seres humanos requería principalmente proteína, no carbohidratos y grasa.

Era tal su autoridad en la Química de aquel tiempo que estos pronunciamientos teóricos fueron generalmente aceptados sin revisión por otros científicos. Guggenheim (1981) destaca el sorprendente hecho de que Liebig nunca llegó a realizar experimentos de fisiología o estudios sobre el balance del nitrógeno en seres humanos o animales. Es sabido que despreciaba a los fisiólogos creyéndoles incapaces de comentar sus cálculos teóricos a menos que alcanzasen su nivel de conocimientos. Pese a ello, en 1850, el fisiólogo Adolf Flick y el químico Johannes Wisleceus – como antes Lawes y Gilbert con el abono patentado–, desafiaron los pronunciamientos dogmáticos de Liebig acerca del papel de las proteínas en el ejercicio. Con simples experimentos midiendo los cambios en el nitrógeno urinario durante una ascensión a la montaña demostraron que la degradación de la proteína no podía hacer aportado toda la energía consumida en el ascenso. Sin embargo, sus nociones de las proteínas como un combustible primario del ejercicio muscular se abrió paso en escritos populares dando pábulo a la idea de que los atletas requieren una mayor proporción de proteína, idea mantenida de forma general hasta bien entrado el pasado siglo y que alguna vez reverdece.

El sino de las prácticas agrarias ha sido siempre ir muy a la zaga de los avances científicos que podían afectarlas directamente, como los derivados de los que se iban alcanzando sobre la forma en que se nutrían – crecían y desarrollaban– los vegetales y animales. Esto fue particularmente cierto en nuestro país. De hecho, pronto se tuvo noticia de los adelantos de Liebig a través de traducciones directos del inglés o, lo más común, del francés (Villar y Macías 1845; Torres Muñoz, 1853) y de publicaciones propias, como la de Casares Rodríguez (1848) o la de Llorente (1892), sin embargo, apenas se reflejaron en la práctica agrícola común.

Paradigmático, es el inicial rechazo a principios del siglo pasado, – según escribe José Cascon (1930) uno de los más sobresalientes ingenieros agrónomos españoles de principios del siglo XX – a los intentos de los vendedores que trataban de introducir abonos minerales y el arado de

vertedera, como consecuencia de los nulos resultados de los nulos resultados de los iniciales ensayos realizados en tierras de secano.

Además de las referidas aportaciones de la agricultura, Liebig dejó su impronta en lo que hoy conocemos como Ecología. En su discurrir acerca de las Leyes de la Naturaleza decía que *“No hay, pues, fenómeno aislado; cada uno está siempre íntimamente a otro u otros muchos que, a su vez se unen entre sí, como los nudos de una red”*, (Peñuelas, 1877), anticipándose al axioma formulado por los ecologistas como 1ª Ley de la Ecología de que *“en la naturaleza no es posible hacer una cosa sola”* (Commoner, 1971).

EPÍLOGO

Como resultado de sus brillantes investigaciones y enseñanzas, apoyadas en contundentes argumentos y a veces sarcásticos comentarios, las aportaciones de Liebig a la agronomía (cultivo de los vegetales y explotación del ganado) pueden sintetizarse en los siguientes términos:

Deshizo la teoría del humus, asentando, frente a ella, la **teoría mineral** como base de la nutrición de las plantas. Con ello creó los fundamentos de la industria de los fertilizantes químicos y de su utilización.

Frente al empirismo que todavía informaba muchos de los escritos sobre agricultura abrió el camino al dogmatismo, a la agronomía, con una explícita formulación de las **leyes de la restitución y del mínimo**.

Dio una explicación racional al aumento de fertilidad que provoca el **barbecho** y la práctica de las **rotaciones de cultivo**.

Determinó la composición de los principios inmediatos que componen los alimentos dividiéndolos en hidratos de carbono, grasa y proteína.

Estableció el papel fundamental de la energía alimentaria en los procesos vitales (respiración y calor animal).

Definió el papel plástico y energético de los alimentos, la influencia de las sales en la nutrición, la composición de las sustancias nitrogenadas de la economía animal y los efectos de los regímenes alimentarios.

Afirmó la interrelación de los procesos de la naturaleza, anticipando la 1ª Ley de la Ecología.

Y en fin, les ruego me disculpen si termino con una apostilla y una digresión.

Es cierto que la fertilización mineral impulsada por Liebig está siendo objeto hoy día de furibundos ataques por los ecologistas. Se la hace responsable del deterioro e, incluso de la esterilización de algunos suelos y de profundas modificaciones de la composición de los alimentos, que pueden afectar a la salud humana. Sin embargo es evidente que ella, en unión de las aplicaciones de la genética y de las mejoras de cultivo (riego, mecanización de las labores, plaguicidas y herbicidas) seguirá constituyendo uno de los tres pilares fundamentales sobre los que se asienta el aumento de los rendimientos de las cosechas vegetales y animales, que permiten combatir las hambrunas y atender a las crecientes necesidades de alimentos de la población mundial, sobre todo en el mundo en vías de desarrollo. Su enorme utilidad lo demuestra el incesante aumento del consumo mundial de fertilizantes nitrogenados (véanse los anuarios estadísticos de la FAO), pese a que en algunas casos se esté cumpliendo la ley de los rendimientos decrecientes. Y así ocurre que en los últimos treinta años se ha duplicado el volumen total de fertilizantes químicos y de la dificultad que tienen para eliminarlos totalmente en la práctica algunos de los defensores de las opciones a la agricultura tradicional que se difunden con los nombres de agricultura biológica, biodinámica, ecológica, de conservación, sostenible, etc.

Liebig, en fin, como algunos otros sobresalientes científicos de su época, no se dejó arrastrar por el positivismo comtiano... *“En efecto, el Creador, en su infinita bondad, – decía– ha previsto con más grande sabiduría; y esa mano Todopoderosa ha inscrito los preceptos que el hombre debe seguir en el gran libro de la Naturaleza”* y seguía Liebig *“Además le*

ha dado la razón, una parte de El mismo, y le ha dotado de la facultad de leer su libro y de comprender el orden divino que ha establecido en el mundo; le ha hecho, en fin, dueño de sus destinos, y le ha puesto en la mano los instrumentos de su prosperidad y porvenir” (Peñuelas, 1877).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ANDER, G. (1918) "Química Agrícola. Química Vegetal". Enciclopedia Agrícola G. Very. Barcelona.
- (2) CASARES RODRÍGUEZ, A. (1857) "Manual de Química General con aplicaciones a la Industria y con especialidad a la agricultura" 2ª ed. Cipriano López. Madrid.
- (3) CASCÓN, J.(1935) "Una deducción errónea" En "Agricultura Española". Antología de artículos, monografías y conferencias. Direcc. Gral. De Agricultura. Madrid.
- (4) COMMONER, B. (1971) "The Closing Circle" N.Y. Ed. A. Knopf. En Mc GEE, CH, T., 1992. "Cómo sobrevivir a los riesgos de la tecnología moderna. Leyes de la Ecología". Ed. Paidós. Barcelona.
- (5) CHARRO DE LORENZANA, P. (1917) "Agronomía o Diccionario manual del labrador. Contiene todos los conocimientos necesarios para gobernar haciendas de campo. Trad. Del francés. Madrid.
- (6) GUGGENHEIM, K.Y.(1981) "Nutrition and Nutritional Diseases". Lexington, M.A.: Collamore. Press.
- (7) HIDALGO DE TABLADA, J. (1851) "El agrónomo. Periódico dedicado a los labradores españoles". Imp. Colegio. Sordomudos. Madrid.
- (8) JIMÉNEZ GÓMEZ, S.(1992) (coordinador) "Fertilizantes de Liberación Lenta". Ediciones Mundi Prensa. Madrid.
- (9) LOSTAO CAMÓN, J. (2003) "La investigación agraria en España. Informe". Fundación Alonso Martín Escudero. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- (10) LIEBIG, v.J (1847-48) "Tratado de Química Orgánica", Trad. de la versión francesa de C.H. Gerhardt por Saez y Palacios R. y Scardini Ferrari, la Ilustración. Madrid
- (11) LIEBIG, v.J.(1840) "Química Orgánica aplicada a la agricultura y a la fisiología" Traducida del inglés, 1842. Cádiz.
- (12) LIEBIG, v.J (1842) "Organic Chemistry and its applications to Physiology and Pathology".
- (13) LIEBIG, v.J (1845) "Cartas sobre la Química y sobre sus aplicaciones a la Industria, a la Fisiología y a la Agricultura". Traducido del francés por J. Villar y Macías Salamanca.

- (14) LIEBIG, v.J (1851) “Nuevas cartas sobre la Química considerada en sus aplicaciones a la Industria, a la Fisiología y a la Agricultura”. Edición española por R, Torres Muñoz, Madrid, pp. 536.
- (15) LIEBIG, v.J (1857) “Les lois naturelles de l’Agriculture”. Edición francesa revisado por el autor. Lib. Agric. Et de la Maison Rustique, París. En Peñuelas L. (a) Vol. I, pp. 104.109; (b), p28 (c) “La Agricultura y la Historia” Cap. VI
- (16) LLORENTE A (1892) “Los abonos” Burgos. Introducción p.VIII
- (17) PEÑUELAS, L (1877) “El aire, el agua y las plantas”,
- (18) RUSSELL, E.W (1968) “Condiciones del Suelo y crecimiento de las Plantas”. Ed. Aguilar, Madrid. Traducción del inglés 9ª edición. Ed. Aguilar, Madrid. “Soil Conditions and Plant Growth”. Por González, G.
- (19) SAUSSURE, T (1804) “Recherches quimiches sur la vegetation”. Prefacio, París.