

cialmente con la averiguación de los métodos más racionales y económicos para la alimentación del ganado.

Evidentemente, estas escuelas de agricultura y artes mecánicas, han sido los grandes factores del adelanto alcanzado por los Estados Unidos en estas industrias fundamentales.

D. L.

Química agrícola

LA PLANTA EN LA NATURALEZA

NOTAS DE CLASE

«La vida es un fenómeno químico».

F. LE DANTEC.

Todos los problemas de la naturaleza ofrecen múltiples aspectos que es difícil considerar exactamente, en un estudio cualquiera: las cuestiones de Química Agrícola no escapan á esta ley que presintió Herschel, ley que se debemos á la complejidad propia de los fenómenos del mundo físico, que á la imperfección de nuestros medios de investigación.

La rama de la Química que va á ocuparnos nos interesa, porque tienen un interés real las ciencias aplicadas, las que persiguen un fin utilitario; posee también el valor de la ciencia pura, más elevado y descuidado muchas veces, porque en ese mundo vegetal que explora, hay verdades sin número que hallar; y aún, en orden de ideas que quizá parezca exótico en una Escuela de Agronomía, diremos que tiene un interés más noble, el que posee como filosofía de la naturaleza, como modeladora del espíritu científico que observa, estudia é investiga, planteando y tratando de resolver los enigmas del Universo.

Fácil nos será encontrar un ejemplo entre las múltiples cuestiones de la Química Agrícola: la que se plantea al observar los fenómenos de la función clorofílica es una de

ellas. Del punto de vista utilitario, es la fuente de producción de un sinnúmero de sustancias cuyas proporciones en las hojas, en las raíces ó en los granos dan por sí solas el valor de muchas especies cultivadas; como cuestión de ciencia pura, la composición y constitución de la clorófila y su mecanismo de acción son problemas que hoy preocupan á Etard, Engelman, Kohl, Berthelot y Sachs, como han preocupado á Gautier, Timiriázeff y Herapath (1); y en fin, del punto de vista de la filosofía de la naturaleza, la similitud hallada por Sieber-Schumoff (2) entre la hemoglobina de la sangre y la clorófila, la semejanza ó paralelismo entre los derivados de aquella y de ésta hasta llegar á las dos



que solo se distinguen en su composición por dos átomos de oxígeno, basta para establecer una comparación entre las funciones más importantes de nutrición en animales y vegetales, haciendo luz sobre fundamentales problemas de la biología general y trayendo consecuencias cuyo alcance es difícil prever.

En el estado actual de la ciencia es imposible permanecer indiferente ante los rumbos que se abren para el investigador, ante las reflexiones que sugieren las verdades adquiridas, y aunque el carácter de los estudios en una Escuela de Agronomía es esencialmente práctico y utilitario, séanos permitido emplear en esta introducción al curso, un criterio más general y más elevado.

*
* *

Vamos á determinar el rol que la planta desempeña en el mundo físico; pero ¿qué es una planta? Muchos nos dirían que un vegetal es un organismo que desempeña las funciones del animal, excepción hecha de la sensibilidad y del movimiento: ya sabemos lo poco que tal definición vale otros creerían sintetizar su pensamiento diciendo que las plantas son aparatos de reducción, y aún yendo más allá, quizá las definirían diciendo que todo vegetal es un laboratorio de síntesis (3).

(1) *F. Péchoutre*—REVUE ANUELLE DE BOTANIQUE, 1904.

(2) *Sieber-Schumoff*—MUNCH MED. WECHSCHR, 1905.

(3) *P. Dehérain*—TRAITÉ DE CHIMIE AGRICOLE, Paris.

Nosotros, aún respetando las últimas definiciones, iremos más allá y diremos: todo vegetal es un almacenador de aire atmosférico, es un *transformador de aire*. Tesis arriesgada hubiese sido ésta en el siglo que hemos visto morir: hoy, se comprueba plenamente.

La vida es un fenómeno químico, dice Le Dantec, como Van Helmont presintió en siglos que pasaron; la Química es un capítulo de la física dentro de las teorías modernas; y toda la física es un capítulo de la mecánica racional como nos asegura Jamin. Por lo tanto, todo el fenomenismo de la vida en el mundo vegetal está regido por los principios de la mecánica, por debajo de todas las apariencias hay algo que no varía, dentro de todos los cambios evolutivos hay algo que permanece, que se transforma perdurando, y este *substratum* que constituye el eterno principio no revela por nuestros métodos analíticos otros elementos que los del aire mismo, océano gaseoso que nos envuelve y en cuyo fondo agitado de continuo vivimos.

Toda planta es aire transformado, bajo el influjo misterioso del rayo de sol: el mundo orgánico, conjunto maravilloso de edificios moleculares complicadísimos cuyas piedras angulares son átomos de Carbono, vive sobre otro mundo que llamamos mineral y que merece el nombre de mundo del Silicio, rico en cuerpos simples que hoy llegan á 100; pero de todos ellos, bastan al vegetal los cuatro que en el aire se hallan, para construir los maravillosos tegidos de sus órganos y las sustancias que en ellos elabora y almacena, los cuatro cuerpos simples que Gustavo Wendt (4) colocaba en lugar preminente en su clasificación biogénica de los elementos:

Hidrógeno	—	Oxígeno	—	Nitrógeno	—	Carbono
H	—	O	—	N	—	C

En todo fenómeno físico, admitimos como necesaria la materia sometida á la acción de invisible *fuerza*: en los fenómenos de la vida vegetal, la materia será el aire atmosférico y la fuerza la radiación solar.

El rayo de sol—que ha de merecer un estudio detenido en nuestro curso—será la energía que provoque el fenomenismo de la vida, sin necesidad de otro agente como el

(4) DIE ENTWICKLUNG DER ELEMENTE, Berlin, 1904.

espíritu ó *fuera vital* de los antiguos. Y ésto aparecerá innegable á vuestros ojos, cuando ese hilo tenuísimo de luz que hemos visto filtrarse á través de nuestros postigos mal cerrados, poblándose de corpúsculos que en él se agitan de continuo, sea analizado y descompuesto; cuando veamos en él una madeja complicada de radiaciones, manifestaciones ó formas de la energía universal, que todo lo anima (5), series de ondas visibles é invisibles que llamamos calor, luz, rayos actínicos, rayos catódicos y ondas de Hertz, sin contar otras que Blondlot ha llamado rayos N y que Charpentier aumenta con los $N_1 N_n$, de influencia desconocida aún, pero sin duda no despreciable.

El aire atmosférico—que también hemos de estudiar con cuidado—nos presenta el hidrógeno, libre de origen volcánico, en el metano proveniente de descomposiciones lentas y en el vapor de agua difundido é invisible sino se condensa en gotas de rocío ó flota como copo de niebla; posee también el oxígeno y el nitrógeno libres y combinados; y en fin, el carbono bajo la forma más común, como gas carbónico ($C O_2$), engendrado por las combustiones y constituyendo por sí solo la fuente esencial de carbono en los vegetales.

Y de ese simple hecho, resulta evidente el rol de la planta en la naturaleza, la función reguladora que desempeña el vegetal sobre la tierra, colocado entre el mundo mineral y el llamado reino animal, transformando *aire viciado* en aire puro bajo el influjo del rayo solar y elaborando materiales que servirán para sostener la vida de los animales.

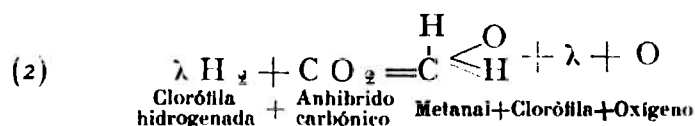
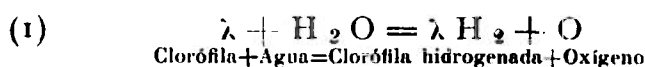
*
* *

La materia rueda y se transforma perpetuamente, en ese inmenso torbellino de los seres y de las cosas: el aire es planta, del árbol pasa al animal y de éste vuelve á la tierra y al aire, para volver á subir en la escala de los seres. Y en ese encadenamiento de fenómenos, la planta es más que precioso intermediario, porque sostiene el equilibrio regenerando y elevando la materia que todo animal degrada.

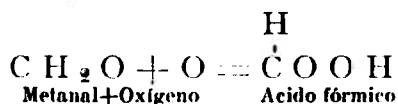
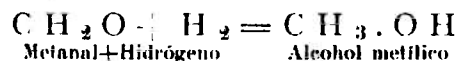
(1) *E. Herrero Ducloux* - UN RAYO DE SOL. — Anales de la Soc. Cient. Arg. Buenos Aires, 1904.

Dadle á la planta más humilde de nuestras pampas, que posea un gránulo de clorófila en la plástida de una hoja, una burbuja de anhídrido carbónico (C O₂), una gota de agua (H₂O) y un rayo de sol, y veréis formarse edificios moleculares que al representarlos (dentro del sistema grosero de la Química) parecen embaldosados de mosaíco ó esqueletos complicados de construcciones metálicas.

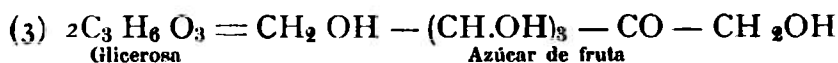
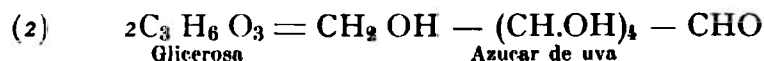
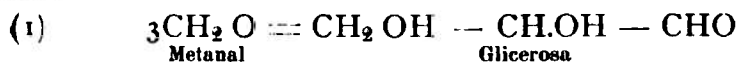
Bajo la acción del sol, las reacciones siguen el orden que nuestras ecuaciones bosquejan.



y formado el aldehído fórmico, primer cuerpo orgánico elaborado en la escala de síntesis, bastará reducirlo para tener el alcohol metílico y oxidarlo para conseguir el ácido fórmico, sustancias ambas cuya presencia se comprueba fácilmente en las hojas:



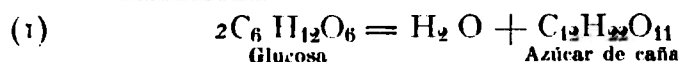
Pero el metanal posee una propiedad especial que el hombre en los laboratorios ha utilizado para parodiar á la naturaleza en sus ensayos sintéticos: es la propiedad de polimerizarse, de condensarse en moléculas más complejas. Y entonces la escala de síntesis aparece en toda su magnitud, como nos muestran las ecuaciones elementales que explicamos:



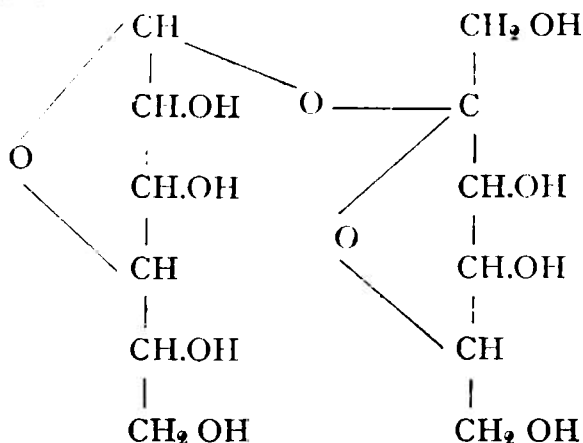
haciendo ver cuán simple es el mecanismo de construcción de esos dos azúcares y de sus isómeros en el reino vege-

tal que llamamos galactosa, talosa, gulosa, quercina, scyllita, mannososa é idosa, respondiendo todas á la fórmula general $C_6 H_{12} O_6$.

Del mismo modo, la unión de dos glucosas con pérdida de agua, produce en la planta la aparición de azúcares verdaderos ó sacarosas:



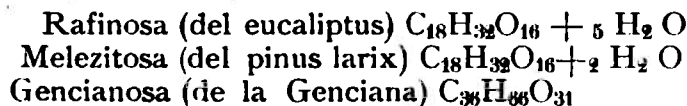
azúcar de caña ó de remolacha cuya constitución (6) podríamos representar.



no para llenar nuestra memoria con fórmulas caprichosas sino para admirar la obra de síntesis de la planta y prever las modificaciones de estructura molecular que deben caracterizar á los azúcares vegetales que llamamos trehalosa ó micososa, agavosa, melibiososa y ciclamosa, hermanos del azúcar de caña.

Y creéis que la planta se detiene ahí? No, este no es sino el principio, aunque ya deja atrás el poder de nuestros métodos sintéticos.

Las moléculas de glucosa se condensan en los tegidos vegetales más aún y aparecen azúcares que representaremos por sus fórmulas para comprender la polimerización producida:



(6) A. Béhal—CHIMIE ORGANIQUE, Paris, 1896.

se condensa todavía más, deshidratándose para dar el núcleo



que constituye, repetido un cierto número de veces, la gran familia de los hidratos de carbono, la inulina, las dextrinas, las féculas y los almidones, los mucilagos y las gomas de constitución oscura y las celulosas que en formas diversas serán el armazón, el esqueleto del vegetal, ya sea de naturaleza herbácea ó ya alcance la talla gigantesca del bambú de Java, del eucaliptus de Australia ó de las sequoias de Norte América.

Y en otro rumbo, la planta forma cadenas de carbonos que con funciones diversas, serán las grasas y los aceites, las ceras y las resinas, los taninos y las esencias de composición variada, los ácidos, los terpenos y las materias colorantes, sin que en la inmensa mayoría de tales principios haya otros elementos que Carbono, Hidrógeno y Oxígeno, los que constituían la gota de agua y la burbuja de gas carbónico que el grano de clorófila transformó bajo el influjo de la radiación solar.

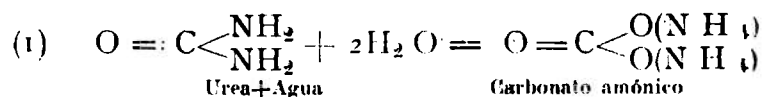
*
**

Abandonemos por un momento el vegetal y tratemos de demostrar indirectamente que su papel en la naturaleza es algo más que elaborar material para los animales.

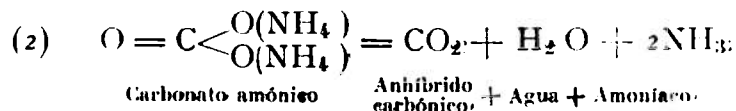
En efecto, observemos cuales son las sustancias que el animal expele como residuos, como materia degradada, y para mayor claridad consideremos la úrea entre los numerosos cuerpos nitrogenados que nuestro organismo produce y el gas carbónico entre los cuerpos oxigenados que lanza al exterior.

De éste último, ya sabemos las transformaciones que la clorófila produce; veamos ahora la evolución de la materia nitrogenada degradada.

La úrea se hidrata bajo la acción dei *micrococcus urae* y da



sal poco estable que se transforma así



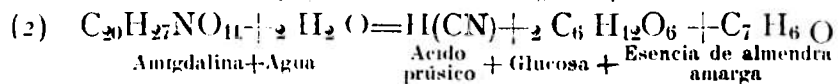
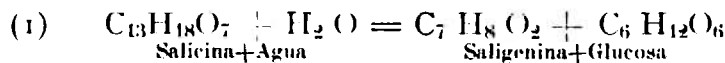
y este amoniaco arrastrado por las aguas de lluvia, oxidado y transformado, volverá al mundo orgánico por el vegetal, elevándose de nuevo en edificios moleculares diversos hasta alcanzar lo que llamamos sustancias protéicas, indispensables en los seres dotados de vida.

No es por lo tanto la planta un simple elaborador de principios, sino un regenerador de la materia, un compensador en la destrucción y desgaste que el animal produce, utilizando sus residuos para la obra, ó sirviéndose del nitrógeno libre en la atmósfera para fijarlo por medio de sus raíces y formar moléculas cuyo peso llega á 6000 siendo 2 el peso de la molécula de hidrógeno (1).

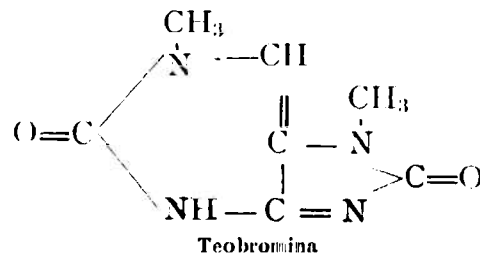
Las albúminas, caseínas, vitelinas y fibrinas son ejemplos de la potencia de síntesis de la planta, y en otro orden de ideas, citemos también los glucósidos y los alcaloides, terribles como tóxicos y preciosos como agentes terapéuticos.

Los primeros pueden servirnos para mostrar nuevas formas de complicación del metanal sintético; los segundos para hacernos ver la semejanza entre los cuerpos nitrogenados que el vegetal como el animal produce como residuos.

En efecto, el desdoblamiento de dos glucósidos por simple hidratación, pondrá en descubierto su constitución de hidratos de carbono:



Y si de los alcaloides consideramos el grupo de la cafeína, la teobromina, la teína y la teofilina, bastará observar la constitución de uno de ellos y del ácido úrico, por ejemplo, de origen animal, para que resalte la identidad de ambos productos, destruyendo los prejuicios que respecto de la separación de vegetales y animales aún existe.



(1) *A. Gautier*—CHIMIE BIOLOGIQUE, Paris, 1898.

