

# CRÓNICA CIENTÍFICA

---

## Utilización del ázoe del aire por las plantas

POR

TOMÁS JAMIESON

Director de la estación de investigaciones agrícolas en Aberdeen (Escocia)

---

## Negación de la teoría de los tubérculos leguminosos

(Conclusión)

### STELLARIA MEDIA

Esta planta, conocida bajo el nombre vulgar de *anagálida de los pájaros* (*Capi-hi*), es muy rica en ázoe; también esperaba encontrar sobre sus hojas pelos segmentados. No descubrí ni uno siquiera. Las hojas son lisas, delgadas y blandas; las células separadas, pero dispuestas de una manera regular; los bordes traslúcidos, dejando ver claramente la estructura interna. La estructura de la hoja entera por otra parte, es muy fácil de discernir, lo que indica que la epidermis es muy delgada, razón por la cual suponía en primer lugar que la absorción y fijación del ázoe debía operarse por toda la superficie de la hoja, sin que existieran pelos especializados, como aquellos observados en la espérgula.

No obstante, cuando examiné el peciolo tierno, verde, me encontré como en el caso precedente, constatando la presencia de numerosos pelos muy largos, segmentados exactamente como los de la espérgula; los segmentos son más numerosos, pero con todo son prácticamente idénticos.

Hice los ensayos con los tres reactivos indicados y obtuve reacciones que demostraron de una manera característica la presencia prevista de albúmina.

Con la espérgula, había obtenido una demostración probante de la absorción y fijación del ázoe; la *stellaria* la confirma de una manera irrefutable.

A pesar de haber constatado que los pelos segmentados son esencialmente idénticos en las dos plantas, debemos señalar sin embargo un hecho notable, y es que estos pelos especializados ó productores de albúmina, difieren de forma en las diferentes plantas. En el caso de la *Stellaria*, la forma particular de la punta tiene por objeto que la albúmina corra más rápida y regularmente que en la espérgula.

En los peciolo de las hojas bien desarrolladas, los pelos de la base dan en los ensayos, una reacción inmediata y muy característica; los pelos de la región mediana dan una reacción menos pronunciada, mientras que los de la parte superior permanecen insensibles á los reactivos, lo que parece indicar que ellos han terminado su rol y se han vaciado de su contenido. En los peciolo de las hojas de plantas de semilla, al estado joven, es decir antes que las hojas se hayan desplegado, ya hay pelos formados, pero no contienen albúmina; á una faz más avanzada del desarrollo de la hoja, los pelos de los peciolo están en plena actividad y producen reacciones rápidas y bien marcadas. Así, en la *Stellaria* como en la espérgula, la albúmina no existe en el pelo en su formación; ésta aparece cuando este pelo ha sufrido el contacto del aire.

Además, la *Stellaria*, me ha proporcionado otros antecedentes, gracias á la transparencias de sus hojas al estado joven (sobre todo una vez remojadas por espacio de una á dos horas en sulfato de cobre y potasa). He podido fácilmente seguir, no solamente la formación, sino también la marcha de la albúmina. Se puede observar al líquido que corre por la nervadura mediana y sus ramificaciones, lo mismo que por dos canales en forma de cadenas que van de la base al vértice de la hoja siguiendo los bordes; estos se juntan con los numerosos canales laterales por los cuales el líquido albuminoso se reparte en toda la superficie de la hoja.

He observado también otro punto importante, una función de los vasos espiraleados de las plantas. Las únicas partes

de las hojas que dan una reacción química al ensayar la albúmina son los dos canales paralelos á los bordes, la punta de los pelos, y el conjunto de vasos en espiral. Todo el resto de la hoja conserva su color verde.

Los hacecillos de vasos espiraleados, en el peciolo, se componen de una docena de éstos; pero, cuando penetran en la hoja, estos vasos se ramifican uno después de otro juntándose finalmente cerca de la punta.

Luego, es un hecho importante que la única parte de la hoja que denuncia con claridad la presencia de la albúmina, fuera de los canales del borde y la punta de los pelos, sean estos vasos espiraleados. Se ha discutido mucho sobre la función de estos tubos espiraleados en las plantas. En cierta época, se suponía que ellos servían para aspirar el aire, basándose en su semejanza con la tráqueas de los animales y sobre el hecho de que se veía en algunos casos salir aire; después esta teoría fué puesta en duda, y hoy día se está de acuerdo en admitir que contienen un fluido acuoso ó savia vegetal, mezclado con un poco de aire. Pero está establecido ahora que el líquido que contienen es rico en albúmina, que estos vasos son los acarreadores de albúmina y que su función propia es de transportar esta albúmina, de los órganos inferiores de la planta y de los productores, á la sustancia de la hoja. La estructura espiraleada favorece probablemente el desplazamiento de este líquido glutuoso. (Se encontrarán más adelante interesantes confirmaciones del rol de las espirales). No hay duda que contienen también agua; la albúmina pura no podría por sí sola transportarse, hay aquí un líquido que es esencialmente agua cargada de albúmina y que se acarrea hacia los pequeños canales laterales (tubos-tamices) á través de los cuales la albúmina penetra en las células, mientras que el residuo acuoso se evapora á través de la epidermis.

He podido aun hacer otra observación interesante gracias á la transparencia de la hoja de la *Stellaria*. Entre los bordes plateados y la masa de células verdes, existe una línea regular de células rojas; se encuentra también un gran número de éstas hacia el vértice de la hoja. He creído durante mucho tiempo que las existencias de estas células rojas se relacionaba con la asimilación del carbono, que ésta era sin duda una faz intermediaria. Pero, examinando otras plantas, he encontrado que ellas también tenían en general, células rojas

cerca de la base de los pelos albuminosos y por otra parte, observando en otro caso, células rojas distribuidas en toda la superficie de la hoja, he constatado que cada célula roja denota la presencia de un pelo albuminoso. Tomando nuevamente la *Stellaria* y examinando una hoja nueva, he comprobado la existencia de otra línea de células rojas acompañando exactamente la línea del hacecillo central de vasos espiraleados, el cual, como ya lo he indicado, denuncia netamente en presencia de los reactivos, la existencia de albúmina.

De este modo, se encuentran estas células rojas en los bordes de las hojas, al lado de los dos canales cargados de albúmina por los pelos del peciolo; se les encuentra también en la punta de la hoja donde convergen estos vasos, se les encuentra en las otras plantas (por ejemplo en las habas y la zizafia), en todas partes donde existe un pelo «especializado» productor de albúmina, no siendo comunes en otras partes. Parece, pues, evidente que la existencia de estas células rojas se relaciona de cualquier manera, no á la asimilación del carbono, pero si á la asimilación del ázoe.

#### URTICA DIOICA (ORTIGA)

Esta planta rica en ázoe produce muchas hojas. Estas son anchas, pero no son tiernas, ó mejor no son lisas; tienen una apariencia rugosa, producida por las depresiones que ribetean las venas; son muy dentadas en los bordes, semejantes á una sierra. Lo que más llama la atención en sus hojas, es esta masa compacta de pelos que forman sobre las hojas algo semejante á un bosquecillo de malezas.

Hay en las ortigas tres suertes de pelos:

1º Los pelos *especializados*, que forman cerca de la base una hinchazón ventruda conteniendo células *alargadas* y *masas verdes*: debajo de esta hinchazón, una parte reducida contiene células *redondeadas* y *materia verde*; la parte superior del pelo tiene la forma de espiral (he observado en tres pelos un tubo espiraleado, pero tan delgado que no aparece en el dibujo), la punta forma una ligera curva ó gancho minúsculo. Cuando se toca directamente este gancho, se quiebra, la punta aguda restante penetra en la epidermis y su contenido provoca una irritación. Estamos pues, sin duda alguna, en pre-

gencia de un pelo especializado, no dividido netamente en segmentos limitados como en la *Espérgula* y en la *Stellaria*, pero formado por un bulbo y una parte reducida, de estructura espiraleada y conteniendo en las dos secciones, materia verde. Este es un pelo punzante, pero esto no impide que pueda formar albúmina. Sería muy singular que la planta fuese munida de tal abundancia de pelos únicamente para pinchar. Estos pelos son numerosos en las dos faces de la hoja y sobre el peciolo.

2º Pelos *largos*, de base llena y maciza, conteniendo uno á dos pequeños anillos de células verdes, exactamente debajo del primer y único segmento del pelo. La parte superior de este lleva estrias lineales, situadas la mayor parte en la punta de los dientes de sierra.

3º Pelos *cortos* que no presentan en la base nada de particular, ni segmentación ni células verdes ni estrias; su función consiste sin duda, ayudar á la absorción ó evaporación del agua y aspirar activamente el contenido de las largas venas junquiformes. Se les encuentra en los bordes y sobre toda la superficie de la hoja.

El empleo de los reativos sobre los pelos de una hoja completamente desarrollada á dado los resultados siguientes:

	PELOS		
	Especializados	Largos	Cortos
Iodo.....	rojiza	rojiza	sin coloración
Sulfato de cobre y potasa.....	morena oscura	morena	»
Nitrato de mercurio.. ..	violeta	violeta	»

Es probable que no exista diferencia esencial de estructura entre los pelos largos y cortos: lo que hace que produzcan ó no albúmina, es sin duda, porque contienen ó no materia verde para operar esta producción y la presencia de materia verde depende del grado de vigor del pelo al principio de su desarrollo, lo cual depende de la posición que ocupa en la planta que le permite aprovechar más ó menos del aflujo de savia del tejido vascular; los pelos que se encuentran en la punta de uno de los dientes son los mejores colocados á este respecto y parece que estos producen siempre albúmina. En cuanto al pelo picante, aunque no sea segmentado, su notable analogía con el pelo «productor de

albúmina» de la remolacha, tan característico, no permite dudar de su verdadera función. La estructura espiraleada parece reemplazar la segmentación. Reemplácese por espirales las secciones del pelo segmentado de la remolacha y se tendrá casi exactamente el pendant del pelo picante de la ortiga.

Cuando se toman hojas nuevas de una planta de semilla (por ejemplo una hoja aún no desplegada, que es aún lisa), se encuentran ya tres suertes de pelos, pero ninguno da reacción con el iodo. La segunda y tercera hojas, que son estampadas, y cubiertas de pelos, no dan generalmente reacción con el iodo, no así las siguientes que las dan netas, como se ha indicado anteriormente, aunque esta reacción no sea tan característica como en la espérgula y la stellaria, lo que es debido probablemente al gran espesor de la epidermis de estos pelos duros, diferencia que por otra parte está compensada por la abundancia de ellos.

En este hecho que el iodo no provoca reacción en las primeras hojas y que las produce muy características con las de más edad, encontramos la confirmación del proceso por el cual estos pelos producen albúmina y se vacían.

Porque estos pelos punzantes están provistos de un pequeño gancho fácil de quebrar y de una punta? Esto se explica fácilmente, á menos que se suponga que la planta esté sujeta al ataque de un determinado insecto. Puede ser que los pelos de muchas plantas se convirtieran en punzantes si pudieran introducirse en la epidermis como lo hace la punta aguda de los pelos de la ortiga. Pero se puede dudar que la naturaleza haya creado estos pelos con el propósito especial de pinchar; es más probable que no sea esto sinó un rol secundario, siendo la principal función la de producir albúmina; la mayor parte de los pelos no tiene jamás la ocasión de picar, mientras que siempre fabrican albúmina.

Lo importante es, que tanto los pelos picantes como los pelos largos contienen sustancia verde y producen albúmina que la descargan en los canales, exactamente como lo que pasa en la espérgula y stellaria y que la estructura especializada en estas tres plantas, explica su riqueza en ázoe.

En resúmen, se ve que cada planta posee un aparato especializado distinto, pero que estos aparatos funcionan en conjunto, según los mismos principios, teniendo por objeto absorber y fijar el ázoe; es siempre la materia verde ó clorófila,

la encargada de este fenómeno, separada del aire de una manera ú otra, por una epidermis extremadamente fina; cuanto más fina es la epidermis y el contacto del aire más facilitado, la cantidad de ázoe fijado es más grande.

Antes de pasar á las plantas cultivadas hay que hacer una última observación. Pudiera extrañar que este procedimiento natural de absorción del ázoe por las plantas haya escapado hasta hoy á los observadores. Esto se explica por dos razones: en primer lugar la alimentación química de las plantas es un tema del cual los botánicos no se ocupan y suponiendo que ellos hayan considerado esta cuestión, aquellos que han podido concebir la idea de la fijación directa del ázoe creían un deber eliminarla, en presencia de las conclusiones contrarias á las cuales habían llegado los trabajos anteriores. Se había observado la existencia de protoplasma (albúmina), en los pelos glandulosos y se señaló aún estos órganos como materiales apropiados para el estudio del protoplasma. Parece que no se le ha atribuido importancia alguna al hecho de que la albúmina no se encuentra generalmente sinó en la parte superior del pelo. Se le hubiera prestado más atención si se hubiera sabido que estos pelos especializados existen, no como excepción, sino de una manera general.

Van Tieghem parece haber estado á punto de descubrir la verdad, pues menciona, en su tratado pág. 627, que los pelos en la primera edad, contienen mucho protoplasma, pero más tarde, no contienen más que savia ordinaria, ó bien se desecan volviéndose opacos. Había, pues, observado positivamente el pelo produciendo ázoe y quedar vacío, pero no prosiguió esta idea porque estaba imbuido de la opinión general admitida (que exprime en la página 168) que las minuciosas investigaciones emprendidas para descubrir si las plantas fijan el ázoe del aire han dado siempre resultados negativos.

Sachs, también menciona que los pelos contienen protoplasma y savia, pero que con el tiempo sufren modificaciones diversas; ya el protoplasma y la savia desaparecen, ya el protoplasma aumenta de volúmen, ya se observan movimientos de circulación y otros fenómenos vitales. Aquí aún, el autor había asistido á la formación y á la emigración de los albúminoides; pero, bajo la impresión de la teoría admitida, según la cual las plantas no podían fijar el ázoe, no supo deter-

minar la relación entre las «modificaciones» y las «circulaciones» observadas, y la fijación del ázoe. Para poder establecer esta relación era necesario saber que las conclusiones de los trabajos anteriores no eran admisibles, que estaban debilitadas por la práctica, que verificando ó rehaciendo estas investigaciones se constataba claramente que las plantas fijan el ázoe. Pero, hace muy pocos años que se han hecho estas comprobaciones.

#### PLANTAS CULTIVADAS

Cuando se pasa á las plantas cultivadas, las cosas no se presentan bajo el mismo aspecto; se observan diferencias debidas sea á la naturaleza, sea, más probablemente, á las modificaciones que el cultivo ha hecho sufrir á estas plantas. Los pelos especializados son extremadamente difíciles de descubrir sobre las hojas adultas. Existen sin embargo, pero ha sido necesario una gran obstinación llevada hasta el final de mis investigaciones, obstinación motivada por la convicción que tenía (basándome en lo que había observado en las plantas salvajes, que debía encontrar estos pelos, ó al menos sus restos. He estado mucho tiempo sin poder examinar las hojas nuevas en el momento que salen de los brotes; en el otoño era incómodo procurarlas. Cuando tuve algunas á mi alcance mis dudas cesaron. Pero esta dificultad extrema de descubrir los pelos especializados sobre las hojas adultas, explica sin duda como es que han pasado desapercibidos hasta el presente, ó si se les han observados no han comprendido, en todo caso, el rol importante que ellos desempeñan.

Por otra parte, las dificultades con que he tropezado, y que me obligaron á un exámen minucioso y prolongado, han tenido esta feliz consecuencia de que llegara á descubrir ciertos caracteres de la hoja y también los procedimientos de absorción de reserva, que de otra manera hubieran escapado.

#### VICIA FABA (HABA)

He comenzado mi estudio por esta leguminosa, porque, como es una planta que tiene gran desarrollo, se podía suponer que los órganos eran fáciles de discernir; pero, á decir verdad, he experimentado desde el principio una decepción.

Tuve ocasión de examinar un gran número de hojas, sin descubrir ni un solo pelo en los bordes, en el limbo ni en los peciolos. Si hubiera comenzado mis investigaciones por esta leguminosa, en lugar de estudiar la espérgula, seguramente no hubiera descubierto la fijación del ázoe.

No encontrando pelos, supuse que la fijación del ázoe debía operarse en toda la superficie de la hoja, máxime siendo esta muy carnuda, tierna y lisa.

Finalmente, apercibo en los bordes de estas hojas una suerte de relieve algo redondeado. Lo examiné minuciosamente, cosa que presentó grandes dificultades á causa de la naturaleza carnosa del tejido, y llegué á la conclusión que era un pelo segmentado hundido casi en el tejido. Como temía no encontrar otro pelo inmediatamente, lo examiné con todos los diámetros y aumentos posibles del microscópio y este examen me demuestra de una manera más clara que en mis investigaciones precedentes, que los pelos segmentados no son órganos superficiales, sino que están íntimamente ligados con los vasos internos. En la haba, el pelo empalma con un tubo cilíndrico, que se ramifica en cinco partes en disposición estrellada. La punta del pelo está netamente diferenciada por la coloración del segmento inferior.

Un examen más minucioso, me hizo apercibir la existencia de pequeños puntos rojos en toda la superficie de la hoja. Había visto ya estos puntos pequeños, pero no les di importancia alguna, pues en aquel momento no me daba cuenta que hubiera una relación entre ellos y la albúmina. Además he notado que cada uno de estos puntos rojos denuncia la presencia de un pelo segmentado, casi hundido en el tejido carnudo.

No he podido aplicar con resultado los reactivos químicos sobre estos pelos, envueltos en sustancias que no permiten ver las coloraciones, pero dada la estructura segmentada y su asociación con células rojas, pienso que es posible admitir que son verdaderos «productores de albúmina».

Cultivando plantas de semillas y examinando las primeras hojas, he podido confirmar plenamente esta manera de ver. He observado pelos segmentados enderezarse en abundancia sobre los bordes y la superficie de las hojas y ejercer activamente su función.

Aplicando los tres reactivos, he obtenido reacciones rápidas y características.

El pelo se pierde en el tejido una vez que á terminado su función, cambia de forma, la punta se amontona y funde en el segmento inferior. El contenido de la punta se subdivide en dos, tres ó cuatro partes.

He aquí por consiguiente, por lo menos un representante de la familia de las leguminosas en el cual encontramos la prueba de la absorción y de la fijación del ázoe, y también de la relación que existe entre estos productores de albúmina y los puntos rojos de las hojas, en fin, vemos claramente la relación entre estos pelos y el sistema general de canales de la hoja.

#### VICIA SATIVA (ARVEJA)

En general no se encuentran pelos en las hojas adultas de esta planta. Estas hojas tienen los bordes bruscamente terminados, un poco espeso; inferiormente, se ve una línea de grandes células claras, oblongas, de paredes delgadas y más abajo de estas, una capa regular de células rojas. Pero la base de las hojas jóvenes presentan frecuentemente en sus bordes una estructura diferente; en lugar de una epidermis algo espesa, existe una película delgada; las células oblongas y las células rojas faltan y están reemplazadas por una capa de fibras ó de canales finos y sobre la bordura delgada se observan generalmente relieves romos.

En el punto en que estas dos formaciones se tocan, se puede constatar que en el mismo sitio en donde las células rojas comienzan á aparecer, se encuentran frecuentemente dos ó tres células que evolucionan con tendencia á una coloración roja, se ven primeramente células violáceas, luego rosadas y, finalmente, rojas; en resúmen, se ve la célula roja aparecer gradualmente. El iodo colora la parte fibrosa y los canales en marrón, lo que indica que hay albúmina en vías de formación. Posiblemente tenemos aquí uno de los procedimientos puestos en obra por la arveja, para la absorción y fijación del ázoe.

Después de haber examinado muchos pelos, he encontrado uno *especializado* ó *segmentado*, que parecía haber terminado su rol y en vista de esto, supuse que era posible encontrar mayor número en las hojas de una planta más joven.

He examinado las primeras hojas de una planta de semilla, habiendo experimentado una viva sorpresa; mientras que las hojas adultas aparecen desprovistas de pelos, en las primeras aprecio al primer golpe de vista, como en el caso de las habas, una profusión de pelos de dos suertes: especializados y ordinarios.

Los ordinarios pueden (como en el caso de la ortiga), ser divididos de una manera más ó menos neta en dos categorías: pelos de forma corta, situados en la superficie de la hoja y que no forman en su base hinchamientos que contienen células; y pelos largos netamente ligados con el sistema vascular de la parte inferior y teniendo una base hinchada ó engrosada que contiene células. Estos pelos especializados son segmentados como en la espérgula, pero tienen la punta muy alargada y su contenido está generalmente dividido en dos ó tres masas.

En varios casos, después de haber coloreado estos pelos con el iodo, he observado que eliminan el contenido de la punta; la mitad superior permanecía más ó menos verde como en el estado joven, mientras que la mitad inferior de la punta y una parte de los segmentos situados debajo, tomaban bajo la influencia del iodo una coloración oscura; asistía aquí á la formación y á la evacuación de la albúmina.

He efectuado, como en los casos precedentes, el ensayo con los tres reactivos, habiendo obtenido en los pelos segmentados los resultados siguientes:

*Iodo.*—La mayor parte de los pelos que no han comenzado á producir albúmina, no se coloran; algunos toman un ligero tinte moreno y en ellos ya hay formación de albúmina; muchos toman un color moreno oscuro, indicando que están llenos de albúmina.

*Sulfato de cobre y potasa.*—*Nitrato de mercurio.*—Los resultados confirman netamente los obtenidos más arriba.

Los pelos ordinarios, tanto los largos como los cortos, se mostraron indiferentes á los reactivos no dando ninguna reacción; esto indica evidentemente que ellos están menos adaptados á la fijación de la albúmina.

De esto se deduce que existe en las arvejas dos procedimientos de fijación del ázoe, el de los pelos segmentados y la absorción temporaria por la epidermis delgada, á guisa de reserva probablemente. La naturaleza recurre frecuentemente

á la acumulación de reservas para los casos importantes, por ejemplo para la producción de granos ó brotos; es muy posible que haya tomado precauciones análogas para la fijación del ázoe.

He aquí, pues, aún una leguminosa que presenta pelos de una estructura especializada casi exactamente iguales á los de la haba, y que tienen dispositivos excepcionalmente favorables para absorber el ázoe y transformarlo en albúmina. Por otra parte, encontramos en la arveja un ejemplo de reserva (en el borde de la hoja, muy delgada durante un cierto período) para asegurar el cumplimiento de esta obra considerable.

#### NABO

La hoja de esta planta es muy ancha y delgada, está formada por una sola capa superficial de células, debajo de la cual se encuentran otras células esparcidas. Estas están agrupadas en la parte superior, pero por debajo, las células y los vasos están tan separados y la epidermis de la cara inferior tan ténue, que parece que se puede considerar como el índice de una absorción del ázoe con el fin de formar una reserva.

En las hojas adultas, se encuentran pelos rígidos sobre los bordes; en la superficie son más delgadas y flexibles pero poco numerosos. Todos se coloran en moreno por el iodo, sobre todo los de la superficie.

La epidermis de la cara inferior de la hoja constituye una separación extremadamente ligera entre el contenido y el aire. Los vasos finos que se encuentran habitualmente, se dirigen tan directamente á la superficie que parecen terminar en ésta, pero en realidad, recorre todo el largo de la epidermis volviendo á su punto de partida; no hay lugar á duda que estos vasos juegan un rol al pasar todo el largo de la película de la epidermis. Aun debajo de esta epidermis, estos vasos rodean masas voluminosas de células que parecen vacías, pero que en realidad contienen sustancia verde, ó están bañadas superficialmente; en seguida viene una capa de células redondeadas que, al estado joven, son incoloras, pero más tarde toman una coloración roja marcada. Parece que existiera aquí un procedimiento para absorber y fijar el ázoe en reserva.

Examinando las hojas en sus primeros tiempos y aun no desplegadas, se encuentran pelos especializados en abundancia. Estos pelos tratados por el iodo, no se coloran y en consecuencia, no contienen albúmina. Pero cuando la hoja se ha desplegado y por consiguiente sufrido el contacto del aire, el iodo colora fuertemente los pelos, lo mismo que los otros reactivos. En este momento han producido albúmina.

Estos son, evidentemente, pelos especializados, pues si la forma de estos en conjunto no tienen nada de particular, no sucede lo mismo con la estructura. Los pelos tienen un aspecto muy distinto y la silueta es un poco brumosa debido á una materia glutinosa que los recubre, presentan además manchas transparentes regularmente repartidas, que terminan en los bordes. Cuando se les examina con gran aumento y regulando la luz del campo con cuidado, se ve que estas terminaciones corresponden á una banda exterior espiraleada casi transparente, que se prolonga desde la base hasta el vértice del pelo y que está protegida por la capa glutinosa. Esta espiral es tan fina que se me hubiera probablemente pasado desapercibida á no haber encontrado en los pelos de otra planta (de lo cual hablaré más lejos), una espiral análoga y mejor marcada. Aquí, pues, no estamos en presencia de un pelo segmentado, pero si nos encontramos con un pelo especializado, evidentemente adaptado á la absorción y á la fijación del ázoe, y, como en un caso precedente, más tarde se forman las células rojas inferiormente.

He aplicado los tres reactivos á estos pelos al estado activo, y he obtenido, con cada uno, una coloración muy neta, moreno oscuro con el iodo, violeta bien marcado con el sulfato de cobre y la potasa, rojo vivo con el nitrato de mercurio. Esta última coloración se produjo sobre todo en los pelos jóvenes, fué menos pronunciada en los pelos de más edad, que se habían vaciado más ó menos de su contenido, lo que por otra parte se comprueba por la coloración tomada por el borde de la hoja debajo de ellos.

El nabo parece, pues, que puede procurarse el ázoe en cantidad suficiente, y aquí vemos los resultados de la práctica conciliar con la solución que propongo correspondiente al problema de la fijación del ázoe. Esto se deduce de los hechos siguientes.

El grano de nabo es pequeño y por consiguiente contiene

poca albúmina. Por lo tanto esta débil cantidad es suficiente para permitir á la planta que se desarrolle en su principio, al estado salvaje. Pero, como pasan las cosas en la práctica de los cultivos? Es necesario, para la vegetación intensiva que reclama la cultura, que la plantita se desarrolle vigorosamente desde el principio; si el suelo es de buena calidad y fértil, la planta no tiene necesidad de abonos azoados para desarrollarse con vigor, pero en el caso contrario es ventajoso proporcionarle en forma de abono, un poco de ázoe (de 30 á 60 kilogramos de sulfato de amoníaco por hectárea). Si se pasa de estas dosis, la planta adquiere un desarrollo exuberante; por consiguiente se debilita y está sujeta á contraer la enfermedad llamada hernia de las crucíferas. Pero en la estación ordinaria, sin dar á la plantación de nabos más de 60 kilogramos de sulfato de amoníaco como máximo, la cosecha se eleva á 50.000 kilogramos por hectárea más ó menos. Ahora bien, contando á razón de 2.25 % de ázoe en la materia seca de la cosecha, corresponderían á 625 kilogramos de sulfato de amoníaco, ó sea diez veces más de lo agregado al suelo, pobre en ázoe, pues la planta necesitó un estimulante para comenzar su vegetación. Hay que advertir que generalmente se agrega estiercol de caballeriza á los nabos; pero aún con esto hay incertidumbre en lo que se refiere á la cantidad de ázoe puesta á disposición de las plantas y la obtenida en la cosecha. La asimilación del ázoe del estiercol es muy lenta y no son sinó las cosechas siguientes á su aplicación las que se benefician de este abono una vez descompuesto. Los abonos artificiales sin ázoe, permiten cultivar durante diez años consecutivos en el mismo suelo, y la ganancia ó adquisición que hace la cosecha de este elemento es igualmente tan considerable como si se hubiera empleado el estiercol. La práctica prueba, pues, de una manera brillante que la planta de nabo á absorbido directamente una gran cantidad de ázoe tomado al aire.

#### COLZA

He aquí cómo fué inducido á estudiar la colza. Una cosecha de esta crucífera fué enterrada para que sirviera como abono en el suelo en que vegetó; á la estación siguiente se cultivó avena en este mismo suelo, habiéndose obtenido un rendimiento excepcional, superior aún al obtenido después de una

rotación de trébol enterrado. Analicé la colza y encontré que tenía un tenor en ázoe de 2.88 %; es pues más rica en este elemento que el trébol. En conocimiento de este antecedente, llegué á la conclusión que los pelos «productores de albúmina» debían estar desarrollados, ó especializados en alto grado.

Hube de soportar bastantes contrariedades antes de descubrir la existencia de un pelo especializado, y esto era debido, como tuve ocasión de observar más tarde, á las mismas razones que en el caso de la haba (el pelo estaba sumergido, absorbido en la masa, cosa que se reproduce sin duda, en todas las plantas de hojas carnudas), pero mis investigaciones llegaron finalmente á un resultado muy interesante; encontré una forma muy especializada de pelo productor de albúmina, cuya existencia proporciona probablemente la explicación del alto tenor en ázoe de la colza.

Las hojas adultas son tiernas, casi carnudas, recubiertas de una película viscosa, espesas y arrolladas en sus bordes; no se observa en su superficie ninguna suerte de pelos.

Las primeras hojas rudas que aparecen después de los cotiledones están provistas de pelos que tienen exactamente el mismo aspecto que los del nabo, y esto no tiene nada de sorprendente dada la analogía que existe entre las dos plantas.

Pero sobre las hojas que se desarrollan más tarde, se observa frecuentemente, sobre todo en la parte enrollada de los bordes, mechones de pelos minúsculos análogos á la seda, tan ténues y frágiles que es imposible determinar el contenido, salvo en el pelo central, cuyo contenido se colora en moreno bajo la acción del iodo. Estos pelos minúsculos están dispuestos de manera regular sobre un pelo segmentado, que parece tener una forma casi idéntica al de la haba, pero en general está enterrado completamente ó casi en el tejido tierno. No he llegado aún á determinar la forma exacta de este pelo y poder de una manera bastante neta presentar su dibujo. Todo lo que se ve, ordinariamente, son sedas tenuísimas, que parecen desprenderse cómodamente, pues en el microscópio se observa alrededor de la hoja cantidad de estos pequeños pelos desprendidos y que una vez inmóviles, se ve que el iodo los colora en moreno.

La naturaleza notablemente tierna y carnuda de las hojas de colza, la fineza de su epidermis (no hay casi epidermis

pero si una simple película granulada y viscosa), indican que se produce probablemente una absorción más ó menos pronunciada de ázoe á lo menos en la parte más nueva de la hoja, particularmente sobre los bordes, donde las células se encuentran por más tiempo en contacto con el aire; el yodo produce una coloración oscura en el borde y particularmente sobre la parte enrollada, que es espesa y carnuda; estaríamos casi inducidos á creer que este enrollamiento es el efecto de una disposición especial, tomada naturalmente con el objeto de absorber el ázoe, dada la presencia tan caracterizada de la albúmina en este sitio.

Se observa, pues, en la colza un dispositivo casi idéntico al de la crucífera anterior para la fijación del ázoe; además, la colza posee otro aparato de una actividad excepcional, y sin duda otro procedimiento de reserva en su epidermis viscosa. Esto explica su alto tenor en ázoe, y la vigorosa vegetación de la avena cultivada después del entierro de la cosecha de colza en el mismo suelo.

He aquí, pues, con la colza y el nabo dos representantes de la familia de las crucíferas que son tan ricas en ázoe como las leguminosas, y como las leguminosas, poseen pelos reproductores de albúmina especializados, semejantes á los que se observan en la espérgula, en el capi-hi y en las otras plantas consideradas anteriormente.

#### REMOLACHA

Examinando los análisis de las hojas de plantas cultivadas, se observa que las hojas de remolacha son excepcionalmente ricas en ázoe. Igualmente estamos obligados á creer que estas hojas deben poseer pelos muy especializados. No tenía á mi disposición remolachas forrajeras, y tuve que practicar mis estudios con remolachas de huertas, que es una especie de la misma familia. Encontré la confirmación precisa de mi suposición, que las hojas ricas en ázoe deben estar provistas de pelos especializados en alto grado. Si hubiera aún tenido alguna duda en lo que se refiere al hecho de que si los pelos picantes de la ortiga son productores de albúmina, esta duda hubiera sido disipada por el examen de los pelos de la remolacha, que tienen una estructura casi idéntica á los precedentes.

No es necesario entrar en consideraciones y en detalle en lo que concierne á esta planta. Me basta decir que las hojas al estado joven, aún antes de desplegarse, presentan pelos especializados y muy notables, largos, plateados y casi traslúcidos en su base (exactamente como los de la ortiga), y divididos en más de veinte pequeños segmentos. Estos pelos son extremadamente penetrantes y la parte situada encima del hinchamiento frecuentemente cae sobre la hoja; pero por su extremada delgadez el contenido está apenas separado del aire.

Los ensayos con los tres reactivos no pueden ser más terminantes.

He aquí, pues, otra familia vegetal, la de las quenopodeaceas, que proporciona una confirmación á mi manera de ver.

## II

### PLANTAS POBRES EN ÁZOE

Dejemos por ahora las plantas que contienen mucho ázoe y que no exigen que se agregue al suelo de una manera artificial este elemento. Estudiaremos aquellas que, aunque producen poco ázoe, se niegan en absoluto á dar buenas cosechas si no se les proporciona artificialmente este elemento, á menos que el suelo esté en condiciones especiales, es decir, que contenga suficientemente materias azoadas en descomposición, asimilables por la planta ó que sea suficientemente rico por abonaduras anteriores.

Se debe suponer *a priori* que estas plantas poseen pocos pelos productores de albúmina, apropiados para proveerles el ázoe; es lo que mis observaciones han confirmado. Basta observar las dos planchas adjuntas para constatar que las coloraciones morena, violeta y roja son menos abundantes, lo que prueba que los pelos productores de albúmina son raros.

### CEBADA

La hoja es larga y estrecha, recorrida por hacecillos de vasos que se dirigen directamente al vértice; entre estos hace-

cillos se observan columnas de células, regularmente dispuestas, apretadas las unas contra las otras, sumergidas en la sustancia vegetal, y formando una masa compacta, del todo diferente á la disposición espaciada que se observa en el nabo, *stellaria*, etc. El borde es estrecho.

Las hojas jóvenes completamente desarrolladas, no presentan pelos sobre los bordes, ni en ninguna de las dos faces. Pero, si se examina una hoja tierna, cuando está aún cubierta por la bractea, se observa que la base no tiene pelos, pero que en cambio existen en la parte central algunos ligeros relieves, tan débiles que apenas se ven con el microscópio; estos no aparecen próximo al vértice. Estos relieves minúsculos parecen constituir el único dispositivo especializado que existe en esta planta, destinado á la fijación del ázoe, lo que por otra parte permite que se le distinga netamente de las otras plantas estudiadas hasta ahora y explica que la cebada tiene necesidad de abonos azoados artificiales. Si estos pequeños relieves fijan el ázoe, lo hacen en cantidad tan extremadamente débil que los ensayos con los tres reactivos no ha acusado su presencia ó por lo menos no ha dado sino indicaciones dudosas. El ázoe de que la planta tiene necesidad debe ser absorbido, una gran parte, por las regiones más delgadas y más tiernas de sus hojas y de sus bracteas al estado joven; y se comprueba que es así, pues existe en todo el largo del borde de la hoja, inmediatamente debajo de los pequeños tubos de albúmina, una fila de células presentando coloración morena antes de la aplicación de los reactivos, como los canales de albúmina ordinarios, y que el iodo colora en moreno oscuro, lo que indica la presencia de la albúmina.

Otro hecho que demuestra que no hay mucha albúmina en estas hojas, es la ausencia de vasos transportadores de albúmina, es decir vasos espiraleados. Los hacecillos vasculares de los cuales he hablado más arriba, están formados por grupos de pequeños canales de albúmina semejantes á aquellos que se ven á través de todas las hojas. En las otras plantas, los canales están aislados y forman una red; solo en el borde de las hojas tienen estos una dirección longitudinal.

En la cebada, los canales aislados se dirigen directamente al vértice, siendo estos canales los que agrupándose forman

los largos hacecillos apretados que recorren en línea directa todo el largo de la hoja.

Se vé pues, que los dispositivos de absorción y fijación del ázoe están muy poco desarrollados en la cebada en comparación con las plantas precedentes, y es lo que explica que sea necesario, en la práctica agrícola, proporcionarle artificialmente el ázoe para obtener grandes rendimientos.

#### AVENA

La descripción hecha de la cebada se aplica casi en todos sus detalles á la avena; solamente aquí, los pelos son más numerosos y, aunque muy pequeños son sensiblemente mayores que los de la cebada.

El yodo no colora estos pelos, ó no los colora de una manera apreciable; parecen no ser especialmente adaptados á la absorción y á la fijación del ázoe; como en la cebada, son las partes más delgadas y tiernas de la hoja al estado joven las que deben absorber el ázoe.

En la superficie y en el borde de la bractea de las hojas jóvenes, se observan algunos pelos largos, penetrantes y delgados.

No he podido apreciar si el iodo produce alguna coloración, pero posiblemente en razón de su extrema delgadez, esta coloración no ha sido perceptible. Sin embargo, hay aquí por lo menos algo que se aproxima á los pelos productores de albúmina, pero son tan poco numerosos y pequeños que su acción debe ser extremadamente débil.

Los dos cereales difieren, pues, considerablemente, al punto de vista de la absorción del ázoe, de las plantas precedentemente estudiadas.

#### LOLIUM PERENNE (RAY-GRASS)

Pasemos á las plantas de césped. Nos ocuparemos en primer lugar del ray-grass, que es una de las plantas más cultivadas.

Muchas personas creen que este césped muere al cabo de dos ó tres años, pero se ha reconocido que es un error, y si se cree que muere, esto proviene á causa de que esta gramínea se agota y produce entonces hojas más estrechas y más alargadas, de un aspecto del todo diferente del ray-grass ordinario.

Este agotamiento se produce probablemente en gran parte por falta de ázoe, pues examinando las hojas, se vé que estas tienen una superficie perfectamente lisa y brillante, en la cual no se descubre ningún pelo. La planta debe pues remediarse con la pequeña cantidad de ázoe que ella puede absorber por las partes tiernas y delgadas de sus bracteas y de sus hojas al estado joven.

El ray-grass encuentra una compensación á esta falta de pelos «productores de albúmina» en la extrema abundancia de las raíces que produce y que ocupan mayor superficie en el suelo que cualquiera otra graminacea cultivada—cuarenta veces más, por ejemplo, que la de la festuca.

Los reactivos no han producido coloración alguna; no obstante, los dos tubos del borde de la hoja se destacan más netamente.

#### DACTYLIS GLOMERATA (DACTIL AGLOMERADO)

La hoja de esta graminacea es mucho más ancha, y de un verde más claro, que la del ray-grass; en cuanto al resto, se asemeja mucho; pero sus hojas adultas, en la parte superior, tienen los bordes, la nervadura mediana y la superficie cubierta de pelos erizados.

No existen pelos en las hojas jóvenes, que de ordinario son las que tienen pelos productores de albúmina; pero examinando estas hojas de muy cerca, se descubre un ligerísimo levantamiento del borde, que constituye sin duda un rendimiento del órgano de absorción ó un principio de formación del pelo que se observa en las partes de más edad.

Los ensayos químicos no han dado ninguna reacción sobre los pelos. Sea por causa del espesor de los tabiques, ó por la ausencia de sustancia propia para formar albúmina la producción de ésta debe ser nula ó casi nula, pues aún

después de haber remojado las hojas en el iodo durante un cuarto de hora, no hemos podido constatar ningun indicio apreciable que acuse la presencia de albúmina.

#### HOLCUS LANATUS

Esta gramínea vellosa, muy común, permitiría suponer que por su aspecto vellosa ó lanosa, es muy apta para absorber y fijar el ázoe. Además el hecho de que se desarrolle abundantemente en las praderas desprovistas de vegetación hace suponer que esta planta encuentra sus elementos de vida donde otras de la misma familia no se desarrollan.

Los ensayos con mis reactivos han demostrado que, si la mayoría de los pelos no contienen albúmina, un cierto número, los más largos, dán una reacción marcada, lo que prueba como ya he observado (ver ortiga), que la facultad en un pelo de transformarse en productor de albúmina depende del vigor que tenía al principio, en otros términos, de su capacidad en acumular clorófila en cantidad suficiente para fijar ázoe.

La Holcus, aunque absorbe poco ázoe, como las otras gramíneas, está, gracias á la abundancia, á lo lierno y al poco espesor de sus pelos, más favorecida al punto de vista de la fijación del ázoe, que las gramináceas desprovistas de pelos y aún que aquellas que los tienen cortos y rígidos.

#### PRUNELLA

He tenido ocasión de indicar á esta planta como muy pobre en ázoe. Después de mis observaciones, el nombre de esta planta evoca para mí la idea de campos pobres en ázoe; esta parece prosperar donde los cereales y las gramíneas no vegetan. Esto permite suponer que ella debe estar provista de un medio propio para adquirir el ázoe, y examinando sus hojas jóvenes he constatado la presencia de relieves segmentados, de pequeña talla y poco numerosos, pero lo bastante para una planta chica. Estos órganos se coloran de una manera neta bajo la influencia de los reactivos.

---

Hemos visto, en el caso de las plantas ricas en ázoe, que la existencia de pelos especializados, fijadores de ázoe explica á la vez que ellas son ricas en ázoe y que no tienen necesidad que se les proporcione artificialmente este elemento; vemos ahora la demostración de la proposición inversa, es decir que las plantas pobres en ázoe, y las que tienen necesidad de abonos azoados para vegetar vigorosamente, están más ó menos privadas de estos pelos productores de albúmina, y en fin que las plantas pobres en ázoe, pero que se pasan sin abonos azoados, tienen un medio especial de procurarse la pequeña cantidad de este elemento que les es necesario.

No me parece que sea necesario citar un número mayor de ejemplos. Los indicados representan seis familias vegetales, tres diferentes unas de otras, las cuales me permiten establecer la doctrina de la fijación directa del ázoe por las plantas verdes en general. El estudio de las diferencias de conformación que presentan los pelos productores de albúmina en las diferentes plantas, ofrece mucho interés, pero este es un estudio que concierne más bien á la botánica que á la ciencia agrícola.

### III

#### PLANTAS DE HOJAS DURAS Y COMPACTAS

Es muy natural que se pregunte si todas las plantas están dotadas de la facultad de fijar el ázoe, y aún aquellas que poseen caracteres excepcionales, como los pinos de nuestros bosques, los arbustos de hojas persistentes y las otras plantas cuyas hojas parecen tan duras y desprovistas de órganos blandos ó tiernos y por consiguiente, de las conformaciones que se asocian en nuestro pensamiento á la fijación del ázoe. Pero, no hay que olvidar que aún las plantas más duras son blandas y tiernas á una cierta época de su desarrollo y producen cada año brotos nuevos que deben encontrarse en un momento dado, en condiciones de llenar las mismas funciones que nuestras plantas anuales.

*Acebo.*—Durante el curso de mis trabajos, pasaba todos los días por delante un arbusto de hojas persistentes, un acebo con hojas semejantes al laurel. Observé que en el mes de Octubre, formaba sus brotos nuevos. Las hojas de este arbusto, como la de todos los acebos, son espesas, brillantes, duras, en una palabra, muy diferentes á las hojas tiernas de nuestras plantas anuales. Desprendí un manojo de hojas jóvenes y comprobé que eran tiernas. No suponía que se pudiera encontrar pelos productores de albúmina sobre este arbusto tan duro; así pues, habiendo tomado estas hojas sin darle importancia y con el solo objeto de examinar al microscópio la disposición de las células, fuí agradablemente sorprendido al comprobar que, aún sobre esta planta dura, los bordes de las hojas estaban cubiertos de pelos productores de albúmina de un modelo muy distinto, y, presentando un carácter que no había tenido aún ocasión de observar, á saber: una estructura espiraleada, que contribuye sin duda á facilitar el transporte de la materia glutinosa. Sucede frecuentemente que uno de estos pelos se une ó se funde con otro.

El iodo produce una coloración marcada sobre los pelos productores de albúmina, sobre los bordes de la hoja y sobre el peciolo. La albúmina parece ser abundante, pues el iodo produce una coloración morena muy oscura, y el sulfato de cobre un violeta rojizo. Ciertos pelos no se coloran sino muy debilmente, indicando esto que están sin duda en tren de vaciar su contenido; otros en cambio ya lo habían hecho.

Desde el momento que se encuentran estos órganos sobre un arbusto de este género, se puede predecir que se encontrarán en la mayor parte de los vegetales, por lo menos en todas las dicotiledóneas.

He examinado, desde entonces, un gran número de plantas, y un examen minucioso me ha demostrado la existencia de órganos especializados que se coloran bajo la influencia de los reactivos de la albúmina, aún en las plantas en las cuales no pensaba encontrarles.

Es posible encontrar en una misma planta, pelos especializados de diferentes formas; así en la petunia se encuentran algunos que tienen la punta hinchada, y en otros el inflamamiento está incompletamente formado, ó no existe.

Es posible también, que una planta pueda tener dos suertes de pelos distintos, que funcionen probablemente en perfo-

dos diferentes de la vegetación. Esto sucede en la papa que tiene dos tipos de pelos distintos y que se encuentran uno al lado de otro. Los dos son segmentados, pero uno es largo y afilado, y el iodo no lo colora sino muy lentamente, mientras que el otro es corto, presenta en su vértice un hinchamiento y el iodo lo colora rápidamente, lo que indica en él una actividad mayor para la absorción del ázoe. Parece que este pelo corto y activo sirve cuando la planta está en su primera época de desarrollo, pues son muy abundantes en las hojas nuevas, mientras que es raro en las hojas de alguna edad donde se observan casi exclusivamente los pelos agudos.

#### CONCLUSIONES

Se me preguntará sin duda, como es que el ázoe no es absorbido y fijado por toda la hoja, y que esta acción no se ejerce constantemente, como la absorción y descomposición del ácido carbónico; porqué las partes jóvenes son las únicas dotadas de la facultad de absorber el ázoe; y en fin, porqué son necesarios para ejercer esta función, órganos de una estructura especial.

En cuanto á la estructura especial, se explica naturalmente por el hecho de que el ázoe es el más inerte de todos los elementos, y que, por consiguiente, son indispensables para este gas órganos más activos que para el ácido carbónico.

Que esta absorción esté limitada á ciertos órganos, y especialmente á las partes más jóvenes, esto no tiene nada de sorprendente, dada la cantidad de ázoe que se trata de adquirir y la faz en la que el organismo tiene necesidad. Solo es necesario 1 ó 2 % de ázoe para la mayor parte de las plantas, y le es indispensable para las primeras épocas puesto que la albúmina entra en la construcción de la planta; es pues este elemento el que debe asegurar en primer término, y que debe circular en la multitud de canales que se cruzan en todo sentido, en todos los órganos de la planta en vegetación. Durante el primer período, el líquido que circula en estos canales será muy rico en albúmina; más tarde, cuando la hoja se desarrolle, contendrá menos.

He constatado, sin embargo, que existen también pelos generadores de albúmina en las hojas jóvenes que envuelven la flor de la achicoria. Esto en nada sorprende, dado que la flor prepara el grano, que debe ser rico en ázoe.

La existencia de pelos especializados productores de albúmina en los brotes nuevos y en las envolturas de los botones florales, es pues una manifestación necesaria é interesante de adaptación, impuesta por la naturaleza.

Esta adaptación además se manifiesta por todas partes. El oxígeno es necesario en la atmósfera para mantener la vida animal; pero el oxígeno puro destruye los tejidos animales muy delicados; por eso se encuentra, en el aire, diluido en cuatro veces su volúmen de un gas inerte, y este disolvente inerte es el ázoe. El ázoe es necesario á las plantas, pero para que estas vegeten bien, es necesario que no sea muy abundante. La naturaleza proporciona pues á las plantas una estructura tal que solo las partes verdes y tiernas son las únicas capaces de absorber y fijar el ázoe. Ella da á ciertas plantas órganos que les permiten fijar este gas inerte en mayor cantidad que las otras; estas plantas ricas en ázoe, descomponiéndose, proporcionan el que le falta á las otras, de suerte que el equilibrio se establece en el conjunto. Las plantas que tienen la propiedad de absorber mucho ázoe y de producir abundantes compuestos azoados están repartidas, de una manera general, en todas las partes húmedas de la tierra. Así las algas se encuentran en todas partes; las leguminosas son extremadamente abundantes; las plantas (ó malas hierbas) como la stellaria, la espérgula, y probablemente muchas otras que presentan estructura análoga, abundan. La naturaleza asegura de esta manera la fijación y circulación de la cantidad limitada de ázoe necesario para las plantas salvajes; corresponde á la ingeniosidad del hombre completar esta ración cuando desea cultivar plantas mal dotadas para la absorción de este elemento, y hacerles producir más de lo que producen en el estado salvaje. Si las monocotiledóneas, tales son las gramináceas, que constituyen la principal alimentación de muchos animales, no fijan mucho ázoe, está posiblemente arreglado así por la naturaleza, para mantener la vegetación en un grado moderado que permite á estos animales encontrar con regularidad su nutrimento azoado.

Mediante qué proceso transforma la clorófila al ázoe en materia orgánica? No lo sabemos, como no sabemos tampoco, cómo las hojas descomponen el ácido carbónico y elaboran con el carbono materias orgánicas. Sabemos muy bien que la clorófila de las plantas efectúa constantemente esta transformación, pero la ciencia humana ha sido impotente, hasta el presente, para reproducir y aún para explicar esta transformación. Sucede exactamente lo mismo con la transformación del ázoe en compuesto orgánico azoado, la albúmina. Todo lo que podemos decir actualmente, es que la clorófila está dotada de la propiedad que le permite efectuar estas dos transformaciones, admitiendo que la sustancia verde contenida en los pelos «productores de albúmina» pueda no ser la misma que la que descompone el ácido carbónico.

Sabemos en todo caso, gracias á las pruebas expuestas en las páginas precedentes, que el ázoe libre del aire es absorbido directamente por las plantas y transformado por ellos en albúmina; que esta función importante es efectuada por órganos especiales que existen en todas las hojas jóvenes; en fin, que estos pelos «productores de albúmina» varían de una planta á otra por su número, su naturaleza y su construcción. Todo esto explica los hechos observados, tanto por los sabios como por los agricultores, y nos suministra un estímulo y un método para ensayar de que la práctica se beneficie con las observaciones de la ciencia.

#### RESUMEN

En todas las plantas estudiadas, hemos podido constatar que existen órganos que absorben el ázoe libre y lo transforman en albúmina.

Las plantas estudiadas representan diez y siete familias con caracteres botánicos muy diferentes, comprendiendo las plantas más tiernas y las más duras. Se puede, pues, deducir que existen órganos análogos en todas las plantas.

El número de estos órganos, su naturaleza y su aptitud en el ejercicio de esta función, varía considerablemente de una planta á otra; en particular, las monocotiledóneas, como los cereales y gramíneas, por ejemplo, están muy mal dotadas al punto de vista de la fijación del ázoe.

La forma de estos órganos varía mucho también, pequeños relieves obtusos, conos ó pirámides, cuernos munidos de hinchamientos, ó simples adelgazamientos de la epidermis, etc., pero en general afectan la forma de largos pelos segmentados y siempre ribeteados exteriormente por un canal estrecho. Se debe colocar en la misma categoría á los pelos glandulosos, cuya existencia se ha comprobado en un cierto número de plantas y de la cual no parece haberse previsto la verdadera función.

Estos órganos, que yo llamo «productores de albúmina», no se encuentran, por regla general, sino sobre las partes tiernas de las nuevas hojas ó de sus peciolos; al principio de su formación, no contienen albúmina; cuando estos órganos están completamente desarrollados, empieza la producción de albúmina, el pelo se llena y á veces se carga de albúmina; esta condición dura un cierto tiempo; la albúmina enseguida es evacuada, primero bajo forma líquida, por los canales laterales, más tarde, bajo una forma más sólida, por la parte central del órgano especial; este órgano está entonces más ó menos vacío; habiendo cumplido su función, se hace más ó menos flojo, después se destruye.

Las plantas que son aptas para fijar mucho ázoe no tienen necesidad de abonos azoados, siempre que encuentren al principio de su crecimiento condiciones favorables y puedan desarrollar rigurosamente sus «productores de albúmina».

En lugar de comprar abonos azoados, como hacen los agricultores, para las plantas que fijan poco ázoe, tales como los cereales y las gramíneas, bastaría cultivar plantas que absorben y fijan mucho ázoe, é incorporarlas al suelo.

## VI

### APLICACIÓN Á LA PRÁCTICA AGRÍCOLA

He establecido en lo que precede, que las plantas absorben el ázoe del aire y lo transforman en albúmina y que la proporción así absorbida no es la misma en todas las plantas.

Es posible sacar provecho de estas comprobaciones en la práctica? Esto parece muy probable, hoy día que nuestras teorías están modificadas. En otro tiempo, se admitía que el ázoe del aire no podía ser utilizado, y por consecuencia era inútil pensar en ello; hoy día sabemos que puede ser utilizado y para sacar el mayor provecho posible no queda más que encontrar procedimientos ingeniosos y cómodos.

Pero es preciso dar á los cultivadores las pruebas de esta posibilidad, bajo la forma de resultados de ensayos prácticos. Estos ensayos felizmente han sido ya realizados en cierta medida. No habrán sido comprendidos en vista de esta demostración y por lo tanto no son tan directamente convincentes como podían serlo, pero pueden servir para establecer hoy día un principio de confirmación.

#### ENSAYOS PRELIMINARES EN GRAN CULTIVO

1° La última relación de la Asociación contenía un estudio sobre el rendimiento de cereales obtenido dejando las hojas de nabo sobre el suelo ó enterrándolas, en comparación del rendimiento obtenido en lotes donde se habían extraído las hojas; se había pesado las cosechas de diez lotes diferentes de cada categoría.

Cuatro lotes fueron atacados por las larvas de grillos y no dieron resultados ciertos. En los otros lotes, se constató que la cosecha era mucho más fuerte, donde se habían dejado las hojas de nabo; sucedía lo mismo en las de los lotes dañados, sobre cuatro. Esta constatación se halla de acuerdo con la opinión yá admitida en la práctica y que se encuentra así claramente confirmada. Pero, hasta el presente, esta opinión no reposaba sobre nada, se la admitía sin poder justificarla; hoy día, sabemos que las hojas fabrican ázoe. Una cosecha de 50.000 kilogramos de nabo, por ejemplo, provee al suelo, por sus hojas, tanto ázoe como 125 kilogramos de sulfato de amoníaco por hectárea; es decir una cantidad muy suficiente para los cereales.

2° En seis lotes, se han sembrado separadamente plantas de hojas tiernas y plantas de hojas duras. Citaré solamente los resultados obtenidos con aquellos que han producido una cosecha suficientemente abundante. Estas plantas eran: el

trébol, la antillida vulneraria, la colza y el ray grass. Se les enterró al fin de la estación, á fin de verificar, por comparación, cuanto aumentarían la cosecha de avena del año.

He aquí los resultados.

	Planta entera de avena	Granos	Pajas
	gr.	gr.	gr.
Después de la colza.....	910	195	300
» de la arveja.....	600	105	185
» del trébol.....	575	115	165
» del ray-gras.....	605	65	195
» en barbecho.....	525	70	135

La seca anormal perjudicó desgraciadamente la vegetación de la avena, y es sin duda una de las razones por las cuales el trébol no ha producido un aumento tan grande como se hubiera podido esperar; pero además, el suelo presentaba ciertos caracteres particulares (había sido elegido especialmente para un objeto determinado) y cito estos resultados únicamente para demostrar que las leguminosas no son las solas plantas que enriquecen el cultivo siguiente y que otras plantas han producido un efecto análogo. La colza ha producido un aumento considerable, lo que muestra una vez más que fija grandes cantidades de ázoe y prueba que no es necesario limitarse á las leguminosas, pero que se puede elegir entre muchas plantas para fabricar ázoe á expensas del aire y hacer supérfluo la compra de abonos artificiales.

3º He querido darme cuenta del beneficio que representaba la fijación del ázoe por el trébol y he sembrado en 1904, césped y trébol en varios lotes, empleando para ciertos lotes 6 kg. 500 de grano de trébol, como de costumbre y para ciertos otros una cantidad doble, sea 13 kilogramos por hectárea. Veré en la estación próxima que efecto habrá esto producido sobre el cereal siguiente, pero los resultados observados desde este año son interesantes citarlos, pues muestran que el gasto suplementario en granos de trébol es recuperada, con solo la cosecha de césped y de trébol.

El aspecto de los diversos lotes presentaba diferencias sorprendentes: en todas partes la vegetación era abundante; pero en los lotes que no habían recibido sino 6 kg. 500 de semilla de trébol estaban salpicado acá y allá, como lo están ordina-



idénticas condiciones), parece que se puede decir que esparciendo una cantidad doble de semilla de trébol, en un suelo apto para este cultivo, se obtiene un aumento de rendimiento que compensa bien por otra parte, para la cosecha de trébol solo, el gasto suplementario de granos. Queda por examinar si hay un aumento en el rendimiento de la avena, y cual es su importancia.

En cuanto á la ventaja que hay en dar abono, no es preciso esperar, ya lo hemos dicho al obtener el aumento que dá ordinariamente un abono azoado con los céspedes cuando el trébol está sembrado en gran cantidad; el abono parece retardar más bien las leguminosas. Lo que mejor conviene para este cultivo, es un abono conteniendo solamente fósforo y potasa; pero he creído útil emplear la mezcla de abono dado ordinariamente para el césped y el trébol.

La cosecha media por hectárea, ha sido:

Para los lotes habiendo recibido abono.....	12.735 kilógr.
» » » no habiendo recibido abono.....	11.650 »
Aumento con el abono.....	<u>1 085</u> »

Lo mismo que en el caso precedente, no se puede sacar de este resultado conclusiones rigurosas relativas al efecto del abono, pues la experiencia no había sido instituida especialmente teniendo en cuenta esta comparación, pero siendo dado que 1000 kilógr. de trébol pueden valer una centena de francos y que el abono cuesta 70 ú 80, resulta que el gasto de abono es largamente compensado y que queda un provecho apreciable.

Según estos resultados, la mezcla preconizada por el señor Elliot no dá buenos resultados, sea bajo el punto de vista del rendimiento obtenido, sea bajo el punto de vista del precio elevado de las semillas, sea bajo el punto de vista de la naturaleza de las plantas consideradas separadamente.

Parece, sin embargo, que se puede hacer una excepción en el caso de la achicoria.

Desde luego, es una planta de hojas tiernas, delgadas, anchas, munidas de pelos productores de albúmina especializados á un alto grado (pl. XII, fig. 1); cultivada sola, dá un rendimiento excepcionalmente elevado en órganos verdes, frescos, pero muy acuosos y que pierden al secarse, mucho de

su peso. He cultivado de cada planta una línea de 2 metros y los he jadedo llegar á la floración:

	Primer corte	Segundo corte	Total
	gr.	gr.	gr.
Ray-grass.....	500	210	710
Ray-grass de Italia.....	250	95	345
Dáctilo aglomerado.....	375	275	650
Festuca.....	325	100	425
Trébol.....	200	260	460
Achicoria.....	375	900	1275
Pimpinela.....	550	410	960
Arvejas.....	475	15	490
Mil hojas.....	40	270	310
Perejil.....	80	225	305

No es posible sacar de estas cifras una conclusión en lo que concierne á la mezcla, pues el resultado dependerá de la proporción en la cual se empleará cada una de las especies. Pero se puede admitir, según este cuadro, que la achicoria es buena para agregar á la mezcla ordinaria de césped; produce mucho, el ganado la consume con gusto y es probable que fije mucho ázoe; la semilla cuesta cara (3 fr. 75 el kilógramo), pero no es necesario sino un poco más de 1 kilógramo por hectárea.

#### PROYECTO DE APLICACIONES PRÁCTICAS

Sabemos de una manera positiva que las plantas fijan directamente el ázoe libre del aire y que ciertas plantas ejercen esta función mucho más activamente que otras; sabemos también, gracias á las constataciones hechas en las experiencias que acabo de citar, que se puede sacar partido de esta facultad particular que poseen ciertas plantas de asimilar ázoe, dispensando así al cultivador de comprar abonos químicos; y entramos en condiciones de determinar un plan definitivo que permita realizar este programa en la práctica.

Las cuestiones que se establecen son éstas:

Cómo debemos arreglarnos para aplicar en gran escala los fenómenos constatados? Cuáles son las plantas que debemos utilizar con este objeto?

Es probable que existan muchas plantas salvajes que absorben grandes cantidades de ázoe; hemos estudiado ya la espérgula, el capi-hi y la ortiga.

Entre las plantas cultivadas; aquellas entre las cuales hemos observado una fuerte absorción de ázoe son la colza, la mostaza, el nabo y las leguminosas; por otra parte, la presencia de pelos productores de albúmina bien caracterizados y abundantes en la acelga y la achicoria permite pensar que se les puede agregar á esta lista.

Se ha pensado naturalmente que la planta más rica en ázoe es la espérgula; pero nadie en nuestra región pensará en sembrar esta mala hierba. Hay que observar, sin embargo, que lo que se llama una mala hierba es una planta que crece allí donde no se quisiera verla; y lo que es una mala hierba en un país no lo es en otro. En el continente, he visto campos enteros de espérgula, formando un espeso tapiz, de 45 centímetros de alto. Se ha constatado que era un alimento muy nutritivo para el ganado, y esto se explica por la riqueza de esta planta en albúmina. Pero hay inconvenientes en cultivar una planta que pudiera llegar á semillar é infectar los campos de cereales; y á más esta planta ú otra análoga, ocuparía el suelo durante una estación y si se le enterrara en verde para recuperar su ázoe, el beneficio sería más que compensado para el arrendamiento y las otras cargas, con la pérdida de una estación de cosecha.

Llegamos á la conclusión que para sacar provecho de la fijación natural del ázoe, es preciso cultivar plantas que fijen mucho sin interrumpir la rotación adoptada para las amelgas.

Sería prematuro querer determinar de una manera precisa la mejor forma de realizar este programa. Esperando que experiencias hechas en el dominio de la práctica hayan producido indicaciones ciertas, no se pueden formular proposiciones é hipótesis.

El principio sobre el cual será preciso basarse es este: introducir tanto como sea posible en los cultivos, plantas que absorban grandes cantidades de ázoe, sin desarreglar la rotación ordinaria de las amelgas y enterrarlas en el suelo.

Las leguminosas en general, excepción hecha tal vez para las arvejas de invierno, no son muy apropiadas para estos cultivos intensivos, pues su crecimiento es lento al principio.

Considerándolo bien, parece que la mejor planta á ensayar desde luego, bajo el punto de vista de la absorción del ázoe, es la colza.

Desgraciadamente, se deja uno tentar de dejarla pastar por el ganado y los carneros, si la planta intercalada produce mucho; pero es preciso resistir á esta tentación, pues entonces solo una parte del ázoe volvería al suelo y se encontraría desigualmente repartida; á más, se beneficiaría parcialmente solo de la acción mecánica útil ejercida en el suelo por el enterramiento de los tallos, y el suelo estaría privado de una cantidad correspondiente del fosfato y de la potasa de la cosecha.

No es posible incorporar al suelo plantas fijadoras de ázoe durante los tres años en que se encuentra como pradera; es necesario sacar el mejor partido probable de la rotación durante la cual está labrada. He aquí algunos ejemplos de la manera como se puede proceder; los doy simplemente para servir de guía á los cultivadores en las grandes líneas; podrán hacer las mejoras que la experiencia les sugerirá.

En la época en que la tercera estación de gramíneas ha producido la mayor parte de su rendimiento, en Enero, se podrá labrarla, después sembrar 9 á 11 kilógr. de colza por hectárea, recubrirla por un rastreado, dejarla crecer en el invierno y enterrarla en la primavera; ésta producirá una provisión de ázoe para el cultivo de cereales forrajeros. Si el suelo no es suficientemente rico, se esparcirán abonos potásicos y fosfatado al mismo tiempo que el grano de colza, y se reservará todo lo que se pueda de la cosecha de nabos para poner en abierto sobre las gramíneas antes de labrar. Como todo este abono volverá al suelo, precisará un tanto menos para los cultivos ordinarios.

Sembrando la avena forragera, se podría sembrar también 9 á 11 kilógr. de colza por hectárea; la colza será retardada en el crecimiento por la avena, pero quedará, sin embargo, bien instalada en la época de la cosecha. Será preciso al cosechar, dejar los rastrojos bastante largos para no dañar la colza. Siendo enterrados con la colza estos rastrojos por la labor preparatoria para los nabos, se podrá dar menos estiércol á estos últimos, lo que permitirá esparcir más sobre la gramínea del tercer año y esto aprovechará la avena

forragera, que tiene necesidad de sacar mucho más ázoe al abono artificial.

Para el nabo, no es necesario dar abono azoado, sino netamente una buena dosis de fosfato de potasa. No es preciso sacar una sola hoja del campo, pues estas hojas tienen mucho más valor como abono, gracias al ázoe que contienen, que como alimento para ganado. La cantidad de ázoe que llevan al suelo corresponde á 125 kilógr. de sulfato de amoníaco por hectárea y basta para el cultivo de avena que le sigue, sin que haya necesidad de emplear abonos azoados.

No sería posible, en la práctica, cultivar la colza al mismo tiempo que los nabos, esparciendo una dosis mitad menor de grano de colza en los surcos de nabo precisamente antes del último rastreo; pero en este caso, á fin de aprovechar lo más posible de la rotación trienal, se sembrará la colza tan pronto como se efectúe el arranque de los nabos. Los nabos deberán ser, si es posible, arrancados en Abril y ensilados; es decir, que se les recubrirá sumariamente de un espesor de tierra de 5 á 8 centímetros. En cuanto á la colza, se le dejará crecer durante la primera parte de la primavera, después se la enterrará para producir ázoe á la avena forragera. El rendimiento de la colza dependerá de las condiciones más ó menos favorables que habrá encontrado al principio de su vegetación, pero en todos los casos, se pelagra á lo más, gastar 5 fr. 60 á 8 fr. 50 por hectárea, y si las circunstancias son favorables, se tendrá un beneficio apreciable.

Sembrando forrajes, como de ordinario, con la avena que sigue á los nabos, se podrá aumentar la dosis de trébol y poner 10 á 13 kilógr. por hectárea; se podrá también agregar 2 kilógr. de granos de achicoria. Si el suelo conviene para el trébol, es probable (como lo demuestran los resultados citados más arriba) que la cosecha de gramíneas y de trébol compensará, y mucho más, los gastos de compra de semillas y las raíces que quedarán en el suelo proveerán el ázoe al cereal que seguirá.

El grano de colza cuesta aproximadamente 75 cent. el kilógramo y el gasto total de compra de todas las semillas de que acabamos de hablar no representaría pues ni un tercio del costo de los abonos azoados que se emplea en los cultivos cuidados.

Por otro lado, la economía de abonos azoados no sería el solo beneficio que se realizaría; también se tendrá muy probablemente, cosechas mucho más abundantes. En efecto, además del ázoe, las plantas azoadas que se enterrarían restituirían al suelo, por sus hojas, todo el fosfato y toda la potasa que se había dado, así como una importante cantidad de potasa sacada del suelo y que se la devolvería bajo una forma directamente asimilable; en fin, la materia orgánica de las hojas, descomponiéndose, mejorarían el estado físico del suelo, constituiría un medio apropiado al desarrollo de las raíces, reteniendo constantemente la humedad necesaria al crecimiento de las plantas.

### **Comunicación sobre la dermatosis vermiculada estival de los carrillos del caballo**

Por el Dr. E. NICOLAS y H. CAZENAVE  
Veterinarios del Ejército Francés

A propósito del informe del señor profesor Cadiot, llamando la atención sobre la cuestión, traemos nuestro contingente para el conocimiento de ésta afección, seguramente más interesante por la dificultad de encontrar su causa, que por la gravedad que es nula.

Nos había llamado mucho la atención desde algunos años el aspecto característico de la vermiculosis de la cara del caballo, pero es sobre todo, por la descripción de nuestro amigo, el doctor Ablaire, que nos dispusimos á fijar nuestra atención sobre este punto.

En el campo de Châlons, desde el 28 de Julio hasta el 20 de Agosto de 1907, recogimos nuestras observaciones sobre los caballos del 22 de Artillería acampados en galpones destinados á caballerizas y del 6º escuadrón de la escolta, estacionado en las condiciones ordinarias del cuartel, pero haciendo el servicio todo el año en el campamento.

SINTOMALOGÍA.— Aunque la sintomalogía descrita por Ablaire sea exacta, la corregiremos sin embargo haciendo un cuadro esquemático y señalando los puntos que nos servirán para el capítulo de la etiología.