

»En las ciudades el hombre encuentra las más de las veces insuficiente cantidad de esta sal en sus alimentos.

»El feto y el niño necesitan en absoluto una cantidad determinada de esta sal que nada puede reemplazar.

»El fosfato de cal provoca la irritabilidad, forma la parte mineral de los huesos, entra ya combinado ó por sus elementos en la constitucion de todos los fluidos y sólidos de los animales, máxime en la materia del cerebro, de la médula de los nervios, de las grasas fosforadas, de la sangre, y así se explica su notoria importancia.

»La mujer embarazada que en las ciudades populosas no recibe una dosis suficiente de fosfato de cal para sus necesidades, fijando esa cantidad en un gramo al día, no puede dar al feto las condiciones necesarias para su formacion (el número de muertos es mucho más considerable en las ciudades que en los campos).

»La nodriza trasmite forzosamente á su leche la insuficiencia de sus alimentos, y ese precioso líquido que debe desarrollar niños cuyas necesidades son idénticas, lo contiene en cantidad estremadamente variable, con harta frecuencia muy corta y hasta á veces nula.

»La proporcion entre la cantidad de fosfato de cal suministrada al niño y la dosis absolutamente necesaria á su desarrollo y vida, no existe, y esta insuficiencia determina una baja en la irritabilidad y hasta la muerte en los animales formados, por cuya razon debe considerarse este fenómeno como una de las principales causas del predominio del sistema linfático y de la mortalidad que sufren los niños en las ciudades en proporcion mucho más considerable que en los campos.

»Los resultados de esas observaciones prueban que completando la alimentacion con un exceso de fosfato animalizado, cuya absorcion regula enseguida la naturaleza segun las necesidades, se evitarian las conse-

cuencias deplorables de la falta ó de la insuficiencia de esta sal, sin la que el niño no puede vivir ni desarrollarse.»

§ 99. El ácido fosfórico, dice *Elias de Beaumont*, es para la agricultura de una necesidad más fundamental aun que el ázoe ya combinado, y es más exclusivamente que el ázoe de la incumbencia de la industria humana. El agotamiento de ácido fosfórico es el más fatal á la vegetacion que pueda sufrir un campo, y aquel para cuya reparacion la naturaleza ha dado menos medios ó agentes naturales de alguna eficacia. Ese agotamiento en el peligro más inevitable de las tierras cultivadas, y la agricultura tiene tanta más obligacion de ocuparse en aumentar ese ácido en determinadas comarcas, cuanto más imposible es evitar que el ácido fosfórico existente se pierda con más ó menos prontitud.

§ 100. La cuestion estriba, pues, en saber dónde podemos hallar fosfato suficiente para reavivar ó rejuvenecer comarcas enteras, á menos de extraer del seno de la tierra el fosfato de cal, que probablemente no falta en muchísimos terrenos.

§ 101. De lo dicho se infiere que todo contribuye á dejar sentir la necesidad de utilizar los recursos que nos reserva tocante al particular la naturaleza mineral. No hemos aludido hasta ahora más que á la pérdida de ácido fosfórico que resulta del cultivo mismo; pero las moléculas de fósforo metidas en el torbellino orgánico están aun sujetas á otra causa de pérdida, débil en verdad, pero incesante é irrevocable. Esto se debe al respeto que tributamos á los muertos, y que distamos mucho de querer recriminar: únicamente señalamos los resultados para los cuales se nos obliga á buscar remedio. (1)

(1) Segun los experimentos que *Robert de Lamalle* mandó practicar á ruegos de *Elias de Beaumont*, un esqueleto humano secado, pesa en promedio 4 kilogramos, y contiene 3'280 de fosfato de cal. Luego, si calculásemos la cantidad de fosfato de cal, dice *de Molon*, que se ha sustraído á la cit-

Por donde se ve que sería preciso explotar vastos yacimientos de fosfato de cal para devolver al suelo de muchas naciones el ácido fosfórico que tan sólo el respeto á los sepulcros le roba. Si reflexionásemos lo que podría ser un día la necesidad de fosfato de cal cuando el agotamiento general de las tierras será sensible y mejor apreciado, se comprenderá que el descubrimiento de esta sustancia en el interior de la tierra, sería un inmenso servicio prestado á la agricultura.

Si se añade que el fosfato de cal encerrado en los sepulcros no es más que una fraccion muy pequeña de la cantidad que el suelo de diversos países ha perdido por causas diferentes, se verá que para devolverle el vigor vegetativo que tenia en los tiempos antiguos, sería menester que la explotacion de las capas terrenas que contienen fosfato de cal viniese á ser una de las ramas más importantes de la industria mineral.

§ 102. *Colbert* dijo que en Francia perdería por falta de bosques, y todos sabemos que á no ser la hulla, su prediccion estaría en vias de cumplirse. En su tiempo se habría comprendido menos fácilmente cómo un gran país podría perecer por falta de fósforo; y esto es, sin embargo, lo que acabaría por suceder, si no se encontrase en la naturaleza mineral una sustancia que en cierto modo fuese para la agricultura lo que la hulla es para la industria. La semejanza no sería, empero, completa entre esos dos productos arrancados del subsuelo: la industria sacando el calor que necesita de la hulla formada de los restos de vegetales que ya no existen, devuelve su carbono á la atmósfera y completa á su vez la obra de la destruccion; mas al utilizar la agricultura los fosfatos concretados en nódulos en ciertas capas geológicas, haría entrar en el torbellino orgánico los restos de las razas estinctas, y volvería á la

culacion por el número de hombres que desde los celtas hasta nosotros han nacido y crecido en el territorio de Francia, se llegaría sin duda á una cifra muy considerable.

vida bajo una forma nueva el polvo de los ignanodones, de los mosasauros, de los peces antediluvianos, maravilla digna de contrastarse entre las de una época en que podemos hablarnos desde el uno al otro extremo del Océano, y en que el hombre, el animal y hasta la piedra misma son trasportados con la celeridad del ave.

§ 103. Se ha creído observar, dice *de Gasparin*, que los prados consagrados desde mucho tiempo á la nutricion de las vacas de leche, y que por lo mismo están despojados de fosfato por la explotacion de ese líquido que contiene mucho, se empobrecen gradualmente y acaban por volverse estériles.

§ 104. *Boussingault* nos ha dado el siguiente cuadro de la cantidad de ácido fosfórico quitado por hectárea de las tierras sometidas á diversos cultivos. Tomamos de *Rohart* las cifras correspondientes en fosfato de cal:

	Acido fosfórico.	Fosfato de cal.
Cotufas.. . . . .	35'6 kilos.	74'145 kilos.
Habas. . . . .	21'8 —	47'240 —
Trébol. . . . .	19'5 —	42'256 —
Habichuelas. . . . .	14'8 —	32'071 —
Patatas. . . . .	13'9 —	30'121 —
Trigo (grano). . . . .	12'9 —	27'954 —
Remolachas campestres. . . . .	12'0 —	26'004 —
Guisantes, garbanzos. . . . .	9'3 —	20'153 —
Avena (grano). . . . .	6'4 —	13'868 —
Trigo (paja). . . . .	6'0 —	13'002 —
Nabos. . . . .	3'3 —	7'151 —
Avena (paja). . . . .	1'9 —	4'117 —

§ 105. Los labradores de la Bretaña francesa han observado que el negro animal fomentaba el grano del trigo. En verdad ese efecto producido por el fosfato de cal parece indudable y debe tomarse como un axioma. La accion del fosfato de cal, dice *Rohart*, parece dar por resultado la produccion de cereales de un peso bastante considerable. Los resultados que obtuvo *Rieffel*, citados por *Puwis*, prueba la benéfica influencia de dicha sal, y probablemente á su presencia, lo mismo que á la fuerte porcion del ázoe,



debe el guano su prosperidad fertilizante. En las tierras buenas y ricas de fosfato de cal sucede á menudo que el hectólitro de trigo, que por término medio pesa 75 kilogramos, se eleva á 80. Este es el punto más evidente del resultado que da el empleo de dicha sal, y á él nos atendremos.

§ 106. *Boussingault y Payen* han probado que los abonos agrícolas tienen un valor proporcional á su riqueza en ácido fosfórico y á su dosis en materias azoadas, y el príncipe de *Salm-Hortsmar* demostró hace treinta ó treinta y un años por medio de experimentos directos, que en un suelo absolutamente privado de materias fosfatadas, es imposible toda vegetación duradera. Esto mismo decía *Eliás de Beaumont* en el *Monitor* de 1856: «Allí en donde desapareciera el ácido fosfórico sería imposible toda vegetación.»

Tales son, pues, las dos principales sustancias nutritivas de la vegetación: el ázoe y el ácido fosfórico, cuyos depósitos se hallan instalados en los dos centros en que están metidos los vegetales para vivir, la atmósfera y la tierra; sustancias que deben predominar en la fabricación de los abonos.

*Rohart* exclamaba: «El ázoe es el agente fertilizador por excelencia; de él sacan el mayor valor agrícola los estiércoles y los abonos.»

Todo eso nada tiene de absoluto: si el ázoe y el ácido fosfórico son indispensables á la creación de los cereales, hay otras varias sustancias de que la vegetación podría á duras penas prescindir: el humus ó mantillo con su ácido carbónico es tan necesario como el ázoe, y la solubilidad del fosfato de cal dimana especialmente de este gas.

4. DEL CARBONO. § 107. La armazón sólida de las plantas, su fibra leñosa, está compuesta en gran parte de carbono, que, conforme hemos visto, es uno de los elementos principales de la vegetación. El carbono es suministrado á la planta por el suelo

y por la atmósfera, en orma de ácido carbónico, y también por una descomposición lenta del humus procedente del suelo mismo. Se introduce primero por las raíces, mas cuando el vegetal se eleva en el aire, quita á la atmósfera su ácido carbónico que descompone, restituye el oxígeno á la respiración de los animales, y se asimila la base por sus hojas y porciones verdes. Así es como las encinas seculares han tomado del aire las masas enormes de leña que no han podido ser suministradas á la planta más que por el gas en medio del cual vegeta, ó por el humus en el que están sumergidas sus raíces.

§ 108. «El carbono, dice un gran químico, proviene esencialmente del ácido carbónico, ya se haya tomado el ácido carbónico del aire, ya provenga de esotra parte del ácido carbónico que la descomposición espontánea de los abonos desarrolla sin cesar al contacto de las raíces... De fijo que cuando germinó la bellota que produjo cien años atrás la encina que hoy nos admira, el terreno en que habia caído, no encerraba la millonésima parte del carbon que la encina contiene actualmente. El ácido carbónico del aire ha proporcionado el resto, es decir, casi toda la masa.»

§ 109. El carbono se ha dado á la planta por efecto de los diversos fenómenos naturales y de diferentes combinaciones de principios animales y vegetales; las aguas pluviales lo llevan á sus raíces en forma de ácido carbónico; los vegetales retienen el carbono y rechazan el oxígeno que, por su unión con el combustible, le habia dado el estado gaseoso. Hemos dicho ya que ninguna materia orgánica ó mineral puede introducirse en la vegetación y concurrir á la nutrición de las plantas, sin sufrir un desdoble y pasar al estado gaseoso y sobre todo líquido.

§ 110. Calcinando huesos en grandes cilindros de hierro colado, se carboniza la materia animal que encierran, y se obtiene

un carbon en extremo poroso, mezclado con la materia terrosa de los huesos. Es el *negro animal*, ó carbon animal, que se reduce despues á polvo más ó menos fino.

§ 111. El carbono tiene muchísima afinidad con el oxígeno que saca de la mayor parte de los cuerpos; y forma con este gas el ácido carbónico que en peso está compuesto de

Carbono. . . . .	27'27
Oxígeno. . . . .	72'73
	100'00

§ 112. La cal tiene tanta afinidad con el ácido carbónico, que lo absorbe y se satura de él tan pronto como se encuentra al descubierto en la atmósfera; y expuesta con agua ó en forma de lechada, al contacto del aire, se cubre en breves instantes de una ligera película blanquecina cuyo espesor no tarda en aumentar y que es el resultado de la combinación del ácido carbónico del aire y de la cal de la lechada.

§ 113. La presencia del ácido carbónico en el aire que respiramos, así como las plantas, da lugar á muchos fenómenos y reacciones: toma origen en la fermentación de las sustancias vegetales y animales que lo exhalan en abundancia pudriéndose y descomponiéndose. Contribuye á la formación del mantillo; y las tierras lo absorben en el estado de ácido para asimilarsele el carbono y rechazarle el oxígeno.

5 DEL MANTILLO Y DEL HUMUS. § 144. Los principios esenciales de los vegetales abandonados á su descomposición bajo la influencia del calor, de la humedad y del oxígeno del aire forman una materia negruzca que conocemos con el nombre de *mantillo* y de *humus*, y que contiene principalmente carbono y algunas sales amoníacas.

§ 115. Las materias no cambian de composición, si bien se vuelven en su mayoría solubles. Entonces se establece un movimiento de reacción, al que se ha dado el nombre de fermentación. Ese movimiento que toda-

via se ha estudiado poco y únicamente bajo el punto de vista de la fermentación del azúcar ó del alcohol, toma el nombre de putrefacción cuando se trata de sustancias vegetales ó animales en vias de descomposición, durante la cual se forman nuevos productos.

Es una verdadera fermentación, lo que indica que las materias en contacto se transforman en carbonatos, en sales y en álcalis de la índole de aquellos que la planta ha consumido durante su vida. Es el signo de esa transformación, tan necesaria, en sustancias solubles asimilables, y el complemento de la creación de los abonos destinados á restituir al suelo el poder fecundo que el consumo de la planta producida le ha quitado.

Sin la fermentación de las nuevas materias que deben pasar al estado de abonos, aquellas permanecerían completamente inertes y no desarrollarían en el suelo, y por consiguiente en la fibra vegetal, aquel vigor que produce todos los actos de la vida de las plantas.

Lo que domina en esa producción de nuevos agentes fecundantes es el ácido carbónico suministrado por el humus ó mantillo. Merced á la influencia de dicho ácido, el fosfato de cal se hace soluble y puede penetrar hasta las raíces de las plantas; mientras que el amoníaco cambia de ácidos con el yeso y deja de ser volátil; todo se prepara para la importante regeneración que va á operarse.

La fermentación es por tanto una necesidad para los abonos; pero de que éstos no deban emplearse inmediatamente despues de estar acumulados, á la desdichada costumbre que se sigue en ciertas comarcas de conservar en hoyos y al aire libre durante varios años los abonos humanos líquidos y sólidos cuyo valor principal es el ázoe, ese gas tan volátil, hay la negación de todo raciocinio y de toda lógica.

La causa principal de la descomposición



de la parte leñosa es el ázoe, que en forma de sustancia albuminosa existe en la savia y por su descomposición produce un verdadero fermento, en el que hay formación de amoníaco y sales amoníacas, cuya presencia acelera la formación del humus del mantillo.

§ 116. La planta que deja de vegetar no tarda en morir; y entonces comienzan otras reacciones, operándose nuevas combinaciones con el fin de devolver á los medios ó centros en que ha vivido las materias que pueda haber tomado. El oxígeno del aire se apodera del carbono contenido aun en el estado de elemento en la parte leñosa; fórmanse ácido carbónico, lo cual es una combustión lenta en forma de podredumbre, cuyo resultado es el mantillo y por consiguiente el humus.

El humus acarrea consigo humedad y oxígeno; se apodera del ázoe de las materias animales, que ha pasado al estado de amoníaco, y lo distribuye debidamente y con mesura á los vegetales. No solamente es uno de los abonos más útiles, sino también un agente de suma importancia, en cuyas reacciones las materias no cambian de composición, si bien en su mayoría se vuelven solubles. Entonces se observa un movimiento de mutación que ha recibido el nombre de fermentación. *Saussure* reconoció en ello un efecto de la esponja de platino. Muy difícil es que durante esa fermentación no se forme un poco de amoníaco cuya base está tomada de la atmósfera, de igual modo que la acción del oxígeno sobre el carbono de la planta muerta da pie á la formación de ácido carbónico.

Tales fenómenos que constituyen una especie de combustión lenta llamada fermentación y putrefacción, son fomentados por el calor, y se originan, ya porque las sustancias que se pudren están expuestas al aire, ya porque el agua las cubre. Sabemos que ese líquido contiene siempre aire en disolución y que el oxígeno de ese aire obra como si se

hallase en el estado gaseoso. Con todo, la descomposición en el agua cuando las plantas muertas están sumergidas en una gran masa de ese líquido, es mucho más lenta, más uniforme y las partes solubles se disuelven. Y eso sucede porque la temperatura ejerce mucha influencia sobre el resultado final de la descomposición, cuya causa primordial consiste en la presencia de sustancias albuminosas azoadas que han quedado en la planta después de cesar la circulación de savia.

§ 117. El mantillo en el estado seco es casi indestructible, aunque sea el último término de la putrefacción de las materias orgánicas y el primer término del paso á la mineralización. Por su estabilidad sus elementos resisten toda fermentación durante mucho tiempo; pero con la humedad su parte orgánica es destructible, es decir, puede descomponerse á la acción del aire. Por eso las labores harto frecuentes en las tierras blandas y arenosas empobrecen el suelo y traen la esterilidad fomentando la disipación de los principios fertilizantes. Los árabes, cuyo clima produce dicho efecto, no dan más que labores muy superficiales á las tierras que destinan al cultivo de los cereales.

§ 118. La naturaleza del mantillo varía según las comarcas, según la especie de plantas que lo suministran y según el tiempo que pasa en fermentar. *Saussure* encontró en el extracto del mantillo de Meudon azúcar de uvas, dextrina, una materia azoada, nitratos de potasa y de amoníaco, cloruros de calcio y de potasio. Las cenizas dieron sulfato de cal y óxidos metálicos.

§ 119. El mantillo es poco soluble en el agua, pero encierra una sustancia cuya disolución es fácil y tiene caracteres particulares: es el humus, materia parda ó negruzca, que tiene propiedades semejantes al ácido úlmico ó ulmina, salvo que el humus contiene ázoe que no se encuentra en la ulmina y que ésta no es soluble sino en la potasa.

§ 120. Se ha encontrado que la composición de estas dos últimas sustancias era:

	Humus.	Ulmina.
Carbono . . . . .	55'3	72'3
Hidrógeno. . . . .	4'8	6'2
Oxígeno. . . . .	2'5	21'5
Azoe. . . . .	37'4	—
	100'0	100'0

El primer análisis fué practicado por *Soubeiran*, y el segundo por *Peligot*.

§ 121. Oigamos á *Rohart* tocante al mantillo y al humus que se extrae del primer por medio del agua:

«Dos productos distintos hay en la descomposición de la celulosa, y ora provenga ésta de leña, ora dimanen de la paja, el primero es el mantillo y el segundo es el humus. De igual modo en la descomposición de las materias animales hay dos productos distintos que son el amoníaco y el ázoe. El mantillo es el producto de la descomposición de la leña; el humus es el producto de la descomposición del mantillo, y asimismo el amoníaco es el producto de la descomposición de las materias animales, como el ázoe es el producto de la descomposición del amoníaco. No lo olvidemos: ahí está la parte más importante de la nutrición de los vegetales; pues todos se nutren como nosotros, de materias animales y de materias vegetales, con la sola diferencia de que estando nosotros dotados de poderosos órganos digestivos, podemos consumir directamente los alimentos sólidos y líquidos tomando los principios nutritivos necesarios á nuestra subsistencia; mientras que privados de iguales órganos, los vegetales no pueden asimilarse más que los elementos líquidos ó gaseosos, y en cuanto su descomposición ha reducido los alimentos sólidos que les damos, en un estado menos complejo; en una palabra, nosotros podemos alimentarnos con materias animales ó vegetales en el estado de integralidad en que nos lo ofrece la naturaleza, en tanto que los vegetales no pueden nutrirse con iguales materias hasta que

los elementos que las constituyen, han podido desdoblarse ó descomponerse para dar origen á productos más simples.»

§ 122. El carbono penetra en la planta bajo dos formas: ó por el humus soluble, ó por el ácido carbónico. Este último fomenta la disolución de los fosfatos y carbonatos de cal, que, como sabemos, no penetran en las plantas sino en el estado líquido. Hay en esto una verdadera combustión del carbono y del humus á la vez que fermentación y combinaciones químicas, acciones todas que no pueden acontecer sin cierto desarrollo de calor que fomente y mantenga la vida vegetal, á la manera de lo que sucede con la vida de los animales. La energía y el desarrollo del vegetal son, pues, el resultado de la acción del humus y de los abonos carbonados.

§ 123. «Si el mantillo, sea cual fuere su origen, está tratado por el agua, éste le disuelve una materia negruzca ó parda más ó menos oscura, en la que se encuentran *cabalmente* todos los elementos de la leña. Ese nuevo producto no es otra cosa más que el humus ó sea la parte soluble del mantillo; es, en una palabra, leña en disolución, dispuesta á reconstituir otra leña ú otra paja bajo la influencia del movimiento vital impreso á la vegetación.

»Sin embargo, el agua pura lo disuelve muy poco; pero si el agua está cargada de amoníaco ó mejor de una sal amoniacal, la disolución del humus es entonces muy abundante, y estando, como veremos luego, cargadas todas las aguas pluviales de amoníaco, y hallándose además dicha sal enteramente formada en los estercolares, en los abonos fermentados lo propio que en el suelo mismo, resulta que la disolución del humus se opera en el seno de la capa laborable con grandísima facilidad y con tanta mayor certidumbre, en cuanto que el humus se une en tal caso con el amoníaco que siempre necesitan los vegetales.»