

DISCURSO

LEÍDO ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN SU RECEPCIÓN PÚBLICA

POR EL

Excmo. e Ilmo. Sr. D. BERNARDO MATEO SAGASTA

Y CONTESTACIÓN DEL

Excmo. e Ilmo Sr. D. JOAQUIN MARIA CASTELLARNAU

el día 30 de Enero de 1916.



MADRID
IMPRESA RENACIMIENTO
CALLE DE SAN MARCOS, 42
1916

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. BERNARDO MATEO SAGASTA

TEMA:

IMPORTANCIA DEL AGUA EN LA AGRICULTURA

SEÑORES ACADÉMICOS:

Dejándoos llevar de generosos impulsos de benevolencia, me habéis conferido una de las distinciones más honrosas que es posible ambicionar: un puesto en esta Real Academia. Grande es por ello mi gratitud y no son menores mis deseos de expresarla fielmente; mas temo que no alcance a cumplir en el grado que corresponde a mis sentimientos lo que considero deber ineludible. Suplid, por tanto, las deficiencias de mi expresión y conceded al saludo que os dirijo todo el respeto que en sí envuelve, a mi agradecimiento las mayores proporciones, y dispensadme, además, la tardanza en presentarme a cumplir la deuda contraída por el honor que ha tiempo me otorgásteis.

No extrañen cuantos con su presencia realzan este acto que insista en ponderar la deuda de gratitud que he contraído, porque entre las circunstancias que concurren en mi elección, figura, para confundirme más, la de ser llamado para ocupar la vacante determinada por la pérdida irreparable de un sabio ilustre, de una figura de gran relieve en nuestra historia científica, del insigne botánico cuyos trabajos han dejado en el saber y la enseñanza indestructible huella. Mucho, en efecto, es lo realizado por D. Miguel Colmeiro y Penido en bien de todos, y fácil me será exponer lo más saliente de la gloriosa obra del maestro,

porque historiada se halla en parte por el inolvidable don Mariano de la Paz Graells en su discurso de contestación al leído por el insigne Colmeiro cuando ingresó en esta Academia, y totalmente, por el competentísimo D. Blas Lázaro é Ibiza en la sentida Nota necrológica publicada en los *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*. Consta en aquel discurso que mi ilustre antecesor perteneció a la Academia de Ciencias desde la fundación de la misma, contribuyendo poderosamente al engrandecimiento de tan importante institución. Nombrado primero socio correspondiente, aportó a ella en tal concepto numerosísimos trabajos histórico-bibliográficos de botánica y abundantes estudios relativos a la flora española, describiendo la correspondiente a diversas regiones o indicando la aplicación de especies apreciadas por los árabes y poco conocidas posteriormente. Por el mérito de sus investigaciones, por el señaladísimo alcanzado en su cátedra y en la obra de texto que para ella escribió, de socio corresponsal pasó a ser Académico de número. Cuando de lleno entró a formar parte de esta docta Corporación, podía, con legítimo orgullo, justificar su ingreso mediante sus muchos títulos y grados científicos, a los cuales se unía su autoridad entre los naturalistas y aun entre eruditos y literatos, pues, según dice el Sr. Graells, también éstos hubieron de reconocer la superioridad de Colmeiro en los estudios de crítica y literatura científicas. En el segundo de los trabajos mencionados se detalla toda la labor realizada por el gran botánico español: más de medio siglo dedicado á la enseñanza y más de cuarenta publicaciones, muchas de las cuales perdurarán, a pesar de la asombrosa rapidez con que la labor científica contemporánea se sucede, y serán incluidas entre las más terminantes pruebas de nuestro progreso intelectual.

Ante cúmulo tal de conocimientos, ante el fecundísimo trabajo desarrollado por tanto tiempo en la cátedra, todos

hubieron de rendir tributo de admiración al sabio cuya existencia basta para caracterizar una época de nuestro desarrollo científico. Por mi parte, modesto sucesor de Colmeiro en este sitio, siento orgullo en proclamar y enaltecer su glorioso nombre.

* * *

Rendido este homenaje de admiración y de respeto a la memoria de mi insigne antecesor, veóme obligado a cumplir el precepto reglamentario y a disertar acerca de un tema científico; y aquí, señores Académicos, asáltanme de nuevo el temor y la desconfianza por la dificultad de aproximarme a lo que otros con fácil procedimiento realizaron en ocasiones como la presente. Intentaré, no obstante, dar algún atractivo a mi disertación por la generalidad e importancia del tema que me propongo exponer.

En este discurso pretendo hacer resaltar la importancia del agua en la Agricultura, y justificar la conveniencia de los riegos; de esta condición necesaria, aunque no suficiente, para alcanzar la máxima producción de los cultivos; de este medio poderoso empleado en tantas partes para convertir en pobladas y risueñas regiones muchas de las que antes eran tristes soledades; medio por el cual es posible introducir, en la explotación del suelo, una intensa reforma que convierta la propiedad rústica en dominio privilegiado de la civilización y de la riqueza. Y aspiro a conseguir la demostración de mis asertos exponiendo solamente algunas de las manifestaciones de la acción ejercida por el agua en la vida vegetal, comprendiendo primero, en ligerísima reseña, las que se muestran en la planta, y después, con algún detenimiento, las que aparecen como peculiares en el suelo.

• • •

La gran cantidad de agua contenida en los diversos organismos es dato suficiente para probar la importancia fisiológica del cuerpo que, en el llamado medio interno, constituye el elemento fundamental; del factor que, desarrollando preponderante acción en los fenómenos generales de la vida, se halla hasta en las últimas partículas de la materia organizada, en cantidad grande y variable en los diferentes tejidos, mostrándose generalmente la actividad de éstos en razón directa de la cantidad de aquel cuerpo que los elementos de los mismos contienen.

Parte principal el agua del protoplasma, sin ella, y sin el concurso de otros agentes, dicha materia no puede ostentar las propiedades correspondientes al sér vivo: con ellos la vida se manifiesta, si existe además la energía necesaria para que las reacciones todas que intervienen en el proceso vital se efectúen. La materia ha de ser excitada para que los fenómenos vitales se produzcan; y si las circunstancias convenientes, entre ellas la existencia del agua, no concurren al acto, la sustancia orgánica seguirá ó caerá en el estado de absoluta indiferencia química, constitutivo de la vida llamada latente, propia de los primeros términos de la serie organizada, o en el que puede ser considerado como análogo del anterior, y ofrecido por los seres superiores; esto es, en el estado denominado por Claudio Bernard vida oscilante, y que se acusa por el fenómeno de la invernación.

Si en el paso de la vida embrionaria a la vida vegetativa de las semillas se hace desaparecer el factor agua, se detendrá la evolución germinativa; pero se volverá a ella cuando las condiciones exteriores se hagan nuevamente propicias; y puede ser reproducido el fenómeno, según los clásicos experimentos de Th. de Sausure, en tanto que la materia verde no aparece en las primeras hojas. Hechos análogos pueden ser registrados en ciertos animales. En la *An-*

guillula tritici, en los rotíferos y en algunos arácnidos, la falta de agua detiene la actividad vital; y, más o menos acentuada, se presenta la misma acción en todos los seres animales y vegetales, puesto que la mayoría de ellos son invernales, perdiendo los segundos, cuando tal fenómeno se produce, gran cantidad del repetido elemento, y verificándose en los primeros una acumulación del mismo en determinadas regiones, a expensas de su disminución en otras.

No está el agua uniformemente distribuída en un mismo organismo, ni es fijo el total de la contenida en él durante las distintas fases de su desarrollo; disminuye con la edad, y este hecho se presenta marcadísimo en los vegetales: en ellos hállase íntimamente unida al protoplasma en las primeras edades de las células, y se separa luego a medida que éstas envejecen.

Sorprenden por su magnitud las proporciones en que se encuentra en algunos seres durante las primeras edades y mientras el incremento es poderoso, en tanto que la energía de su evolución haya de ser grande; siendo esta admirable correspondencia imperiosamente necesaria, porque aquella energía sólo puede tener por origen la solar, cuya fijación en la planta no se efectúa sin el concurso del agua.

Cualquier organismo podría servirnos como ejemplo de lo expuesto: la *Collinsia bicolor* Bench. contiene el 94 por 100 de agua en su edad primera; esto es, en la caracterizada por el predominio de la raíz, y corresponde del 90 al 80 por 100 del mismo elemento al *Delphinium Ajacis* L. y a la *Sinapis alba* L., en el mismo estado de desarrollo.

Durante la segunda edad, acusada por el predominio de la hoja, plantas como la *Sinapis nigra* L. y la *Eschscholtzia californica* Chamiso. la contienen en proporciones

sensiblemente iguales a las anteriormente indicadas. Y que en las plantas la edad de los órganos influye por modo evidente en aquellas proporciones, muéstranlo multitud de hechos. Sabido es que de ciertos árboles es posible separar hojas que habiendo aparecido en distinta época presentan, no obstante, análoga intensidad en la coloración; pues bien; llevando estas hojas a sequedad completa, podrá observarse que pierden cantidades variables de agua, siendo menores las perdidas por las hojas que aparecieron primero.

El distinguido fisiólogo Dubois, que relata algunos de estos fenómenos, hace observar, además, que la semilla, y lo mismo la parte activa del huevo fecundado, contienen corta cantidad de aquel cuerpo; pero, en cambio, adquirieron por la fecundación la propiedad de poderse hidratar fuertemente, de donde resulta una inmensa diferencia entre aquel estado particular de la semilla y del huevo fecundado y el endurecimiento que la edad determina.

El prolijo estudio de la intervención del agua en los fenómenos generales de la vida nos revela modos de su acción en alto grado esenciales; en las funciones de nutrición y reproducción desempeña un papel importantísimo, y su influencia se ejerce en la forma y estructura anatómica del sér, y hasta en su constitución química, según ha mostrado, para algunos vegetales y por decisivos experimentos, el sabio Schlæsing.

Las moléculas del agua y las del anhídrido carbónico dan origen a las de los hidratos de carbono. Mediante la energía solar aquellos sistemas inertes, desprovistos de potencial y que, en la evolución de la materia, aparecen como productos que caracterizan la finalización del proceso; aquellos cuerpos incapaces de evolucionar, conviértense en otros de propiedades en absoluto contrarias, en materia re-

generada susceptible de evolución, y origen de la energía que ha de permitir se forme la compleja molécula del albuminoide, esa agrupación sorprendente cuya génesis total tanto interesa conocer y que hoy se nos oculta; porque si bien son importantísimos los trabajos que sirven de base a las hipótesis de Gautier y de Bach, éstos no explican por completo todo el proceso por virtud del cual se llega a tal sustancia, así como tampoco lo alcanzan los fundamentales trabajos de Schutzensberg, determinantes de las teorías sobre el modo de formarse la materia proteica, por no apoyarse en observaciones fisiológicas bien demostradas.

Hidrataciones y deshidrataciones con oxidaciones y desdoblamientos realizados en el seno mismo de las células intervienen en el fenómeno contrario, y, determinando las postreras transformaciones regresivas del albuminoide, cierran el ciclo evolutivo de la vida, terminan la trayectoria seguida por la materia, que, inerte al principio, se organiza durante algún tiempo para volver, por último, a su primitivo estado, o, como dice Dubois: «agua y otros cristaloides al principio, coloides hidratados luego y agua y cristaloides al fin». A estas transformaciones queda reducido cuanto supone la nutrición.

Influídos por el agua se nos presentan igualmente los fenómenos de la reproducción: en los vegetales no germinaría el grano de polen sin el agua, que, juntamente con otros elementos, ha de tomar en el líquido estigmático; y en el desarrollo del grano, como en el de la más pequeña espora, su presencia es indispensable; de aquí las propiedades antisépticas de los anestésicos generales, en cuyo modo de obrar la acción deshidratante es el fenómeno capital actuando como los descensos de temperatura. En cambio, el fenómeno contrario, o sea el de la hidratación, provoca los efectos producidos por aumento del calor; pues bien: aquellos anestésicos, al impedir

que la función fundamental de la hidratación se verifique, se oponen, de un modo pasajero o en definitiva, al desarrollo de gérmenes.

Fácil es citar hechos que manifiesten cómo influye el agua en los fenómenos de reproducción. De la cantidad de aquella depende en muchas criptógamas la actividad de los movimientos protoplásmicos, y la concentración es fenómeno que precede a la reproducción; en varias algas, el cuerpo protoplásmico se desprende de la pared celulósica, expulsa el líquido y reduce su volumen; muchos vegetales y animales se enquistan antes de reproducirse, y en ciertos casos la hidratación influye hasta en el sexo.

Los movimientos debidos al crecimiento (mutación), así como los que se verifican cuando éste ha terminado (periódicos), y, en ambas categorías, tanto los espontáneos como los provocados (paratómicos), son determinados por varias causas, entre ellas los cambios de temperatura, de los cuales han de ser lógica consecuencia los desplazamientos del agua, o sea la alteración de la turgencia en determinada región de la planta. Las trayectorias elípticas descritas en el movimiento de los folíolos de la hoja del *Desmodium gyrans* DC., y los movimientos análogos de otros vegetales, el trébol, por ejemplo, son producidos por aquellas causas, y en el sueño de las plantas, acusado por el cambio de posición de las hojas, los desplazamientos indicados determinan tales cambios. Redúcese la cloro-vaporización de la hoja por disminuir la intensidad lumínica al aproximarse la noche, y aumenta en el rodete motor del peciolo la cantidad de agua acumulada, con lo cual se producen las variaciones de posición propias del sueño.

Toda excitación de una sustancia contráctil, si determina semejantes traslaciones, producirá un movimiento, y a tales causas pueden ser atribuídos multitud de fenómenos de irritabilidad que los vegetales y los animales nos pre-

sentan. En la excitación de la *Mimosa pudica* L. y demás plantas irritables, como la *Nitella syncarpa*, *Drosera*, etcétera, se producen reacciones provocadas por la irritación. Considerados estos fenómenos como eléctricos y análogos a los observados por Munk y Bourdon Sanderson en la *Dionaea Muscipula* L., corresponden en tal concepto a las corrientes de excitación que con las tróficas y traumáticas describe algún fisiólogo para los vegetales. Brücke, no obstante, deduce del aspecto que presenta el peciolo principal cuando se excita tocándolo simplemente en su base, y del que ofrece antes de ser excitado, que el agua pasa de las células a los conductores intercelulares, expulsando el aire que los ocupaba, verificándose el hecho inverso cuando cesa la irritación producida; de donde resulta que al variar la turgencia sobre determinada parte del rodete motor del peciolo se produjo el movimiento, y es un hecho fisiológico digno de notarse que los fenómenos producidos en condiciones normales no se realizan cuando se somete la planta a los vapores del éter, cloroformo, etc., para deshidratar el protoplasma.

Las variaciones de la cantidad de agua recibida por la planta influyen poderosamente en la forma de ésta. A la insuficiencia de aquel elemento en el desarrollo del vegetal corresponde una reducción en el volumen de las células y un aumento en el espesor de las paredes de las mismas: el hecho contrario conduce a resultados opuestos, y pueden probarlo los experimentos de Wortman con los pelos radicales del *Lepidium sativum* L., sumergidos en el agua y en un líquido azucarado. Del estado de concentración del líquido depende la cantidad de agua que penetra en la planta, y esta cantidad influye, si no en la celulosa formada, en el modo de disponerse—digámoslo así—, compensándose el espesor con el desarrollo superficial.

Circunstancia especial de crecimiento es la presión de

turgencia provocada por los hidroleucocitos, y en razón directa se hallan uno y otra: a su vez, aquella propiedad que a las células corresponde depende del grado de humedad del medio exterior, y las variaciones de la cantidad de agua contenida en el medio se traducen en cambios de forma en el vegetal. Varía también con la humedad de la atmósfera la intensidad del fenómeno de vaporización en las plantas, alterándose así la naturaleza de las diversas sustancias orgánicas formadas en las hojas. A un aumento en la humedad de la atmósfera que envuelve a la planta corresponde un aumento también en el almidón formado en sus hojas, y una disminución en los demás compuestos orgánicos. Altérase además la cantidad de sales minerales acumuladas en el vegetal, y todo tiene por final consecuencia el variar la distribución de los compuestos orgánicos y, por ende, el cambiar la forma y estructura de aquél.

En el fenómeno denominado hidrotropismo, que es otra evidente manifestación de la influencia del agua en la irritabilidad de la sustancia organizada, ofrécese hechos curiosos como los que consigna Dubois. Un plasmodio de *Aethalium septicum* colocado sobre un papel de filtro humedecido tiende a ocupar, cuando el papel empieza a desecarse, la parte que conserva mayor cantidad de agua, y si a corta distancia se coloca en posición perpendicular al papel un portaobjeto cubierto de gelatina, hacia éste es atraído el plasmodio, en virtud de la acción ejercida sobre él por el vapor de agua que se desprende de la gelatina. Este hidrotropismo positivo se convierte en negativo cuando el plasmodio tiende a transformarse, por solidificación, en costra esporífera.

En los seres organizados, por lo tanto, el agua es condición indispensable de existencia. En su seno, y por su mediación, se verifican las acciones químicas, físicas y mecánicas que rigen los actos vitales. Necesaria su presencia

en el ejercicio de todas las funciones, preponderante su acción en los importantísimos fenómenos de difusión y diálisis, es vehículo portador de la energía necesaria para que se verifiquen complicadas reacciones en el protoplasma vital.

De la cantidad de agua existente en el suelo y en la atmósfera depende la que las plantas absorben, la que exhalan y la velocidad de circulación en el interior de las mismas; esta humedad del medio influye en la descomposición de la materia orgánica determinando variaciones en los procesos por los cuales el fenómeno se produce; su influencia se ejerce igualmente en las relaciones térmicas, en las propiedades físicas y químicas del suelo y hasta en el trabajo que realizan las beneficiosas bacterias encargadas de reducir la materia orgánica a formas simples, asimilables por los vegetales, y en el desarrollado por las encargadas de aprovechar el nitrógeno contenido en el gran depósito que constituye la atmósfera.

En la extensa superficie que en junto suman las hojas de cada vegetal, y en virtud de la evaporación (fenómeno físico) y traspiración y cloro-vaporización (fenómenos fisiológicos), los cuales suelen comprenderse bajo una sola denominación, se elimina agua de la contenida en las células más superficiales; toman luego estas células la de sus contiguas, y de este modo se establece una corriente de la raíz a las hojas, o corriente ascendente, con sólo el concurso de fuerzas físicas (vacío determinado por la traspiración y la clorovaporización, capilaridad y ósmosis) según unos fisiólogos; auxiliadas estas fuerzas por propiedades especiales de las células vivientes de la materia, según otros. El experimento de Jamin y la hipótesis de Vesque hacen intervenir en el movimiento ascensional de la savia la capilaridad y la diferencia de presión de los gases contenidos en las células; pero es preciso admitir que inter-

vienen también los fenómenos de osmosis, porque así lo prueban estudios de Pfeffer, Van t'Hoff y Maquenne respecto al equilibrio osmótico que ha de establecerse entre el líquido de una célula superior en que aparecieron materias solubles producidas por la asimilación, y el de otra inferior donde tales materias no se han presentado; pero por el paso del agua del lado en que la presión osmótica es menor al de la mayor, o por la difusión de la materia disuelta en el líquido de la primera célula en el de la segunda, el equilibrio se establece, elevándose el agua que luego será traspirada, y descendiendo las substancias que por asimilación se produjeron.

El agua evaporada debe ser restituída, y como no es posible admitir (puesto que todas las experiencias demuestran lo contrario) que las partes aéreas del vegetal tomen de la atmósfera aquel elemento en cantidad apreciable bajo ninguna forma, el suelo ha de ser considerado como medio único en el cual las plantas adquieren el agua que les es necesaria. Y que ésta es exigida en cantidad considerable pruébanlo los estudios realizados para determinar la consumida durante el desarrollo del vegetal y el exceso de evaporación en los suelos cultivados, sobre la verificada en los desprovistos de vegetación. Los experimentos de S. H. Woodward (siglo xvii), verificados con plantas acuáticas, dieron por resultado que el aumento de un gramo en el peso de la planta suponía el consumo de 96 á 170 gramos de agua, según la naturaleza de ésta. Resultados acusados mejor en nuevos ensayos establecían una variación de 40 a 214. Schileiden estudió la evaporación media diaria en una mezcla de trébol y avena, y halló que equivalía a una capa de agua de 2,5 milímetros M. E. Risler de Calives dedujo en varios años de experimentos el consumo medio diario de agua para ciertas plantas cultivadas. Entre los resultados figuran los siguientes:

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| Maíz..... | de 2,8 a 4,0 milímetros. |
| Trigo..... | de 2,7 a 2,8 idem. |
| Prados naturales..... | de 3,1 a 7,3 idem. |
| Trébol..... | 2,9 idem. |
| Vid..... | de 0,9 a 1,3 idem. |

Y en el Observatorio de Montsouris realizáronse experimentos que acusaron resultados de acuerdo con los obtenidos por Risler. En trabajos más completos, Wiesner, estudiando la traspiración de las plantas, halló que las del maíz, con peso de 1,6 gramos, perdían al sol en una hora 0,198 de agua. Hellriegel y Wollny determinaron que para diversos cultivos la producción de un gramo de substancia seca exigía cantidades de agua comprendidas entre 233 y 912 gramos; entre estos límites hállanse los determinados por el agrónomo inglés Lawes para la misma producción en el período de crecimiento y madurez de las gramíneas y leguminosas. Por otra parte, en los cálculos hechos por el citado profesor alemán Wollny sobre la evaporación de los suelos, cubiertos o no de vegetales, halló que desde principios de Junio a fines de Septiembre, en el año de sus experimentos (1881), el agua evaporada en 10 decímetros cuadrados fué de 34,605 gramos en un suelo encespado, y de 13,719 en otro desprovisto por completo de vegetación. Además, D'Haberlandt, en sus notables trabajos, encontró que la cantidad de agua perdida por evaporación en una hectárea, durante el crecimiento total de varias gramíneas, corresponde, como término medio, á 275 kilogramos por uno de materia seca formada.

Datos son los que preceden suficientes para poner de manifiesto que la existencia de vegetación herbácea o leñosa en los suelos determina una pérdida grande de agua, y que existe una estrecha correspondencia entre el producto vegetal y la cantidad de aquel elemento perdida por

evaporación durante todo el tiempo que corresponde a las diversas fases vegetativas.

De esta primera misión desempeñada por el agua que el suelo contiene; de esas exigencias respecto á la cantidad de la que ha de ser consumida durante el desarrollo del vegetal, es posible deducir consecuencias altamente importantes, que no he de omitir, pues, muy por el contrario, a su deducción voy tendiendo con lo expuesto.

En directa dependencia la cantidad de materia seca que representa el rendimiento con la cantidad de agua traspirada por la planta, un primer dato para la deducción del posible producto será la que el suelo reciba de las precipitaciones atmosféricas, o mejor, la fracción que de ellas se aproveche en beneficio del vegetal. Claro está que no sólo esta variante interviene en la función concreta «rendimiento», la cual, por el contrario, depende además de otras muchas; pero suponiendo en variación sólo aquella variable, es posible establecer consecuencias próximas a la exactitud y relativas a los valores que para la función resultan.

Todas estas consecuencias se sintetizan en este aserto: la cantidad de agua que las precipitaciones atmosféricas suministran al suelo es, para muchas regiones de nuestro territorio, insuficiente, si se pretende obtener máximos rendimientos de los cultivos; y aunque fuese elevada la que las lluvias en especial produjesen, pueden convertirla en deficiente el exceso de evaporación originada por las altas temperaturas y por los vientos secos y la pérdida que suponen las corrientes que en la superficie de los suelos se originan cuando el agua cae en grandes masas.

En efecto; de los datos anteriormente apuntados se deduce que para la formación de un kilogramo de materia seca son necesarios 250 á 300 kilogramos, término medio, de agua; por tanto, un producto de 10.000 kilogramos

de aquella materia por hectárea, producto asignable, según indica Deherain, a un buen rendimiento, exigirá 2.500 o 3.000 metros cúbicos de agua totalmente aprovechada por la misma unidad superficial, o sean de 250 a 300 litros por metro cuadrado.

Para satisfacer tal exigencia, veamos ahora la altura de la capa de agua llovida en las diferentes regiones de nuestro territorio.

No es posible consignar una perfecta división de España en zonas bien separadas por las líneas isoyéталas que al efecto se hubiesen trazado sobre un mapa de nuestro territorio: no pueden llegar a tanto los datos de que disponemos. Sabemos, sí, por ellos, que la variedad dominante en la geogénesis, en la constitución geológica, en la orografía y en la hidrografía del macizo peninsular ofrécese igualmente pronunciada en el clima y en éste, por lo que ahora nos interesa, en el curso de los hidrometeoros. Por tal falta de uniformidad en el importantísimo fenómeno de la precipitación atmosférica, por la orografía de la Península, que hará erróneos los resultados deducidos mediante un razonamiento que se basase sólo en la posición geográfica (resultados que la harían aparecer como correspondiente á la faja septentrional de las lluvias continuas), en España es posible establecer, ante todo, dos grandes zonas: una formada por las regiones del lado del Océano, con lluvias regulares y continuas que determinan altura de agua por año de más de 600 milímetros, y otra, constituída por las localidades de la vertiente mediterránea, muchas de las cuales sólo reciben 400 milímetros y aun menos de lluvias rápidas y violentas. Estas zonas, que bien se pueden llamar húmeda la primera y seca la constituída por las regiones mediterráneas suborientales, hállanse tan perfectamente definidas que es posible separarlas, según indica Brunhes, por una línea que, partiendo de Ta-

rragona se extendiese hasta Huelva, pasando por León.

Algo más, que es necesario para mi objeto, se ha podido alcanzar con los escasos e imperfectos datos que poseemos: la subdivisión de las dos zonas descritas, estableciendo cinco grupos de localidades, denominadas y caracterizadas con relativa aproximación del siguiente modo: muy secas (escasez de nubes y lluvias); secas, en las que la cantidad de agua llovida es de 240 a 460 milímetros; algo húmedas, 460 á 580; húmedas, de 650 á 1.045, y muy húmedas, de 1.300 á 2.000 (Santiago, 1.265 á 1.986).

Poniendo el dato que expresa la cantidad de agua exigida por una aceptable producción, en armonía con los relativos a las cantidades de agua llovida; teniendo en cuenta, al hacerlo, la influencia de la temperatura en la evaporación y la de los vientos desecantes, se podrá admitir con Wollny las siguientes cifras como fundamentales para la comprobación que trato de hacer: en regiones donde es grande la evaporación y débil la facultad de imbibición del suelo, la lluvia es insuficiente si no alcanza a 600 milímetros; en caso contrario, una altura de 400 milímetros puede ser indicada como límite de la insuficiencia. Por tanto, las localidades denominadas muy secas, como la costa sudeste de Granada, campo de Cartagena, Alicante y Elche; las secas, como la planicie central (excepción hecha en ella de la región septentrional y de las que tienen sobre 860 metros de altitud), la estepa del Ebro, cuenca superior del Guadalquivir, campiña de Córdoba, estepa bética, mesetas de Guadix, Baza y Huéscar, con el Oriente de Granada, Murcia y el mediodía de Valencia, son regiones que, en general, se hallan debajo del segundo límite, y en ellas es necesario el aumento de la cantidad de agua recibida por el suelo y resultante de las precipitaciones atmosféricas y del poder condensador del mismo sobre el vapor de agua contenido en la atmósfera.

Las zonas denominadas algo húmedas, y que suponen una vastísima extensión en nuestro territorio, hállanse bajo el primer límite, y como en ellas dominarán sin duda alguna las circunstancias que sirvieron para fijarle, necesario será también el aumento de la cantidad de agua suministrada por los hidrometeoros.

Sólo en los otros dos grupos, constituido el primero por las elevadas montañas del sistema pirenaico, Sierra Nevada y sus cercanías, el litoral comprendido entre Gibraltar y la desembocadura del Guadiana y la mayor parte de la costa occidental y septentrional, y formado el segundo por Bilbao y Santiago de Compostela, en lo que a España se refiere, sólo en éstas, repito, excede la cantidad de agua llovida del primer límite; pero aun aquí sería aventurado negar la necesidad del riego, porque la imperfección que rige lo que vengo consignando excluye el importantísimo detalle de la distribución, por épocas del año, del total de agua que los suelos reciben.

Esta omisión, imposible de evitar por insuficiencia de datos, hace que con lo dicho sólo haya conseguido señalar la importancia que en España adquiere la implantación de los riegos; pero me obliga también a insistir en que no se conceda a lo expuesto otro valor que el relativo que dejo apuntado, para que mi propósito aparezca tal cual es.

Por deficiencias en los datos, dije que era imposible dar mayor precisión al razonamiento. Efectivamente; la insuficiencia es más que sensible y acusa nuestro abandono en tan capitales cuestiones. Lamentable proceder el nuestro, no prestando la atención debida a la adquisición de datos de los cuales se deduzcan útiles consecuencias en cuanto pueden ser objeto de completas estadísticas. Por falta de ellas, en éste y en tantos otros órdenes de conocimientos, constituímos algo así como una empresa que verifica sus operaciones sin conocimiento previo de

los medios que pone en acción, como una especie de Sociedad industrial que realiza amplios y complejos negocios sin disponer del poderoso apoyo que pudiera prestarla el inventario de sus bienes y la perfecta consignación de las partidas que constituyen su debe y haber; es decir, faltándole cuanto determina la posibilidad de formar su balance en todo momento y cuanto permite juzgar *a priori* si conviene o no ampliar los trabajos o modificar el modo de terminar los emprendidos; somos, en definitiva, y por lo que a la introducción de importantes reformas en Agricultura se refiere, una entidad que se ve obligada a proceder casi siempre en forma casuística, arrojando las fatales consecuencias que por lo general resultan de tan deplorable sistema.

Nada, o muy poco, existe o se intenta plantear de aquello que constituyendo general enseñanza sea a la vez base firme en que apoyar toda reforma, medio seguro de evitar innovaciones mal preparadas y procedimientos únicos que permite la conveniente aplicación de los principios de la ciencia económica, que para la Agricultura es ciencia de cálculo y oportunista, en pugna siempre con toda modificación mal estudiada. Por esto quizá, por falta de observaciones precisas que nos muestren la realidad tal cual es, cabe el que se hayan mostrado tantas opiniones respecto a las condiciones naturales de nuestro territorio, desde la más optimista que señala a nuestra Patria como país privilegiado por su cielo y por su suelo, hasta la ultrapesimista que le niega en general toda aptitud para el desarrollo conveniente de la primera de las riquezas. Yo admito con un autor ya citado, Brunnet, lo que dice respecto al modo de ser de las condiciones geográficas de la Península: «condenada se ve por ellas una parte de su superficie a irremediable pobreza agrícola, siendo quimérico pretender la extensión indefinida

de los oasis de riego»; pero lo admito si no se exagera la cifra que representa la superficie colocada en tan lamentable situación; porque al establecer comparaciones observo que si España carece de las aptitudes naturales que avaloran a Italia y a Austria, por ejemplo, en cambio posee las mejores que las ofrecidas no hace mucho tiempo por Alemania a su agricultura. Esta última nación, de cielo inclemente y suelo pobre, salvo en algunas regiones excepcionales, es hoy el dominio agrícola mejor explotado. Los enormes trabajos de desfonde y drenaje, con otras mejoras referentes al cultivo, subordinados siempre a un riguroso método científico, han elevado la agricultura alemana al estado floreciente en que actualmente se halla.

* * *

Volviendo al objeto principal de mi presente labor, debo tratar, aunque con brevedad, como las circunstancias me lo exigen, un punto esencialísimo en la acción ejercida por el agua en los suelos, a saber: la influencia de la misma en la descomposición de la materia orgánica de las tierras, y por tanto, en la vida de los microorganismos que determinan esta descomposición.

Los procesos por los que se verifica la destrucción de la materia orgánica pueden ser, en su conjunto, agrupados en dos series: una de ellas caracterizada por la presencia del oxígeno del aire; es decir, porque dominen los fenómenos de oxidación, como en la eremacausia ocurre, y la otra, por el contrario, por la ausencia de aquel elemento, presentando como fenómenos dominantes los de reducción, cual en la putrefacción pasa. En los procesos de la primera serie la materia orgánica se oxida, se quema, dando productos volátiles, y deja un residuo, formado

por materias minerales en su mayoría, en estado asimilable; y se prueba que el oxígeno del aire interviene en el fenómeno por el hecho de ser insuficiente el contenido en aquella materia para la oxidación del carbono y por multitud de experimentos que comprueban tal intervención. En los segundos, los de descomposición forménica, según Wollny, dan lugar «á productos gaseosos, que son principalmente el anhídrido carbónico, formeno, hidrógeno, hidrógeno sulfurado y fosforado, protóxido de nitrógeno y nitrógeno y a un residuo sólido orgánico constituido por una masa oscura rebelde a la descomposición que, además de sus principios hidrogenados, contiene diversas combinaciones nitrogenadas (leucina, tirosina, indol, escatol, aminas primarias, ácidos amidados, etc.), amoníaco, algunos nitritos y además ácidos grasos volátiles, como el fórmico, butírico, acético, propiónico y valerianico».

En los procesos de esta segunda categoría las sustancias minerales resultantes se encuentran en su mayor parte bajo forma no asimilable, y la oxidación del carbono se verifica mediante el oxígeno de la misma materia orgánica y de sus elementos reductibles, dependiendo, por tanto, de la cantidad de estos elementos la del anhídrido carbónico que se desprende.

Basta indicar los resultados de ambos procesos, a los cuales corresponden todos los demás que pudieran señalarse, ya como de posible inclusión en uno de los grupos, ya como intermedios, para comprender cuánto importa en agricultura provocar las reacciones que a la eremacausia corresponden, e impedir los fenómenos reductores que caracterizan la descomposición forménica; cuánto interesa en la práctica agrícola evitar, modificando las propiedades físicas y químicas de los suelos, las pérdidas de nitrógeno y la formación de compuestos, poco o nada asimilables, que son consecuencia de los procesos del segundo grupo.

Pues bien; he aquí que a los medios disponibles para modificar aquellas propiedades (trabajo mecánico del suelo, enmiendas, abonos) es preciso agregar el potentísimo de los riegos, y su contrario el saneamiento. Esto merece ser aclarado.

La influencia de la cantidad de agua contenida en un suelo sobre la descomposición de la materia orgánica quedó probada por los experimentos de Möller, los de Fodor y los de Wollny, en virtud de los cuales, llegando al pleno conocimiento del hecho, se determinaron verdaderas leyes de inestimable valor para la ciencia agronómica. Probó el primero que el desprendimiento de anhídrido carbónico depende de la humedad del suelo; perfeccionó el segundo tal observación, estableciendo que si la humedad aumenta en progresión geométrica, aumenta sensiblemente en progresión aritmética la cantidad de ácido carbónico producida; y comprobando Wollny los resultados de los otros dos experimentadores citados, pudo establecer que si las materias orgánicas se descomponen tanto más rápidamente cuanto mayor es la cantidad de agua, es con la indispensable condición de que ésta no pase de cierto límite. Resulta así un máximo en la realización del fenómeno: si el suelo está encharcado, la putrefacción tiene lugar; no deja en absoluto de verificarse el desprendimiento de anhídrido carbónico, según ha demostrado Kostyscheff, pero se desprende débilmente; cambia el proceso de descomposición cuando, por disminuir el agua, el aire puede llegar hasta la materia que se descompone; acentúase la eremacausia si la humedad se aproxima a cierto límite (óptimo), y va perdiendo luego su intensidad si sigue disminuyendo la cantidad de agua, dejando de verificarse cuando la masa llega al estado de sequedad en el aire.

Factor importantísimo es, por tanto, el agua para la descomposición de la materia orgánica: de aquélla y de

la temperatura dependen las diferencias ofrecidas por el fenómeno en las diversas localidades, correspondiendo la mayor influencia en la intensidad con que el proceso se realice á aquel de los dos agentes que presente alteraciones más acentuadas. Así, y tratando el asunto con gran amplitud, puede decirse que variará la descomposición de la materia orgánica (prescindiendo de influencias locales) inversamente a como varíen la latitud y altitud; y en las regiones cálidas será favorecido por la humedad el fenómeno destructivo, mientras que en las frías, por ser menor la evaporación, el agua se acumulará en grandes masas, con perjuicio para el conveniente proceso. Aquella descomposición variará también en una misma localidad con las épocas del año.

Estas afirmaciones, por su evidencia, no necesitan justificación; pero en todo caso podrían dársele los trabajos realizados por Flak, en Dresde, para determinar la cantidad de anhídrido carbónico que contiene el aire del suelo en los diferentes meses; los verificados por indicación de Pettenkofer, en Munich, y las observaciones de Lewis y Cunningham, en Calcuta.

Además, en un mismo suelo disminuye la acción del aire al aumentar la profundidad, pudiéndose distinguir en cada uno las denominadas por Mulder zona de oxidación y zona de reducción, las cuales quedarán separadas por modo variable dependiente del estado físico del suelo, de su composición química y de la cantidad de agua que contenga.

De tan salientes y amplios hechos se deducen otros casi de detalle, pero que no por eso carecen de valor: se deduce a la vez que á una nueva forma de influencia de los riegos para los cultivos responde otra correspondiente a la práctica de aquéllos; la inmersión prolongada, por ejemplo, impidiendo el acceso del aire, determinará la putre-

facción; mientras que el riego por regueras, que permite la aireación conveniente, no impedirá que se realice el fenómeno contrario; es decir, la eremacausia.

Marcadísima es, pues, la acción ejercida por el agua en los procesos por los cuales la materia orgánica de los suelos se destruye, no disminuyendo su valor porque se tenga en cuenta que los fenómenos apuntados son de orden biológico y se pretenda averiguar la influencia ejercida por ella en el funcionalismo de los seres que intervienen en la descomposición.

Prueban la naturaleza de tales fenómenos experimentos relativamente recientes, por los cuales se llegó a descubrir no sólo que el trabajo realizado por los microorganismos determina la regresión de la materia orgánica, reduciéndola en sus postreras transformaciones a formas simples asimilables por los vegetales superiores, sino también que en virtud de dicho trabajo se incluye en el ciclo de la vida al nitrógeno, uno de los elementos que más difícilmente entran en combinación. Aquellos seres infinitamente pequeños aparecen como determinantes de uno de los esenciales procedimientos empleados por la Naturaleza para realizar la circulación entre sus reinos, circulación en la cual los vegetales, como organismos creadores de las sustancias orgánicas en las que se acumula la energía procedente de las radiaciones solares, suministran al herbívoro el alimento y con él su potencial; el hervívoro, a su vez, cede una parte de sus reservas al carnívoro, y luego los restos de todos ellos se descomponen bajo la influencia de los seres inferiores, que utilizan lo que de la energía queda para construir sus tejidos y llevar aquellas sustancias a los mismos estados en que fueron absorbidas. La importancia que adquiere la intervención de los microorganismos en los procesos de descomposición de la materia orgánica, y la necesidad de marcar de modo evi-

dente el valor de cierta consecuencia que respecto a la acción del agua pretendo establecer, me obligan a consignar con algún detalle los hechos comprendidos en este capitalísimo extremo.

Los positivos progresos realizados en estos últimos tiempos por la ciencia agronómica, y debidos á la aplicación de los conocimientos correspondientes a esa sublime ciencia derivada de la gigantesca obra de Pasteur, amplían el concepto que poseíamos de los suelos agrícolas; porque no sólo es, dice Mazé, el conjunto de partículas térreas cubiertas de finísima capa de agua y dejando intersticios ocupados por el aire lo que constituye el suelo labrable, ni es éste el simple depósito de materias nutritivas para las plantas; es, además de todo esto, lugar donde se verifican complejos fenómenos de fermentación, producidos por variadísimas formas de microorganismos aerobios y, lo que a primera vista resulta poco comprensible, por otros anaerobios tan numerosos, por lo menos, como los primeros; formas todas que intervienen en la descomposición de la materia orgánica, como lo prueba el hecho de cesar este fenómeno cuando se impide la acción de los microorganismos, ya mediante el empleo de antisépticos, ya por el calor.

Probada tal intervención, acumuláronse las observaciones que tenían por objeto descubrir, con los misteriosos agentes que determinan la realización del fenómeno, los efectos causados en lo que a los productos resultantes se refiere, llegándose á averiguar que existe para tales seres una especialización de funciones verdaderamente sorprendente, a la vez que se descubrieron asociaciones tan armónicas que sin ellas no tendrían explicación ciertos hechos, como el de la existencia de especies anaerobias, el *Clostridium pasterianus*, por ejemplo, en las capas superficiales de los suelos, por las que el aire circula libre-

mente. Sólo la asociación del *Clostridium*, con especies aerobias que crean el medio para él necesario, puede dar razón cumplida del caso. Delicadas y persistentes investigaciones en este orden de estudios han hecho avanzar en el conocimiento de los diversos microorganismos que, como principales determinantes del proceso, corresponden á cada modo de descomposición, hallando entre ellos los que pudiéramos llamar productores de amoníaco, los determinantes de los inmediatos perfeccionamientos de esta obra, o sea los nitroso-fermentos, y luego los que llevan el nitrógeno del estado de nitrito al de nitrato, forma la más importante de la nutrición vegetal. Y como acción compensadora u opuesta a las anteriores, existe, según las excelentes observaciones de Gayon y Dupetit y de Burri y Stülzer, la que corresponde al grupo de microorganismos que reducen los nitratos hasta aislar el nitrógeno, o solamente convirtiéndolos en nitritos, siendo los principales representantes del grupo el *Bacillus denitrificans* y el *Bacterium coli commune*, los cuales, si se presentan en simbiosis, son, en cultivos puros, aerobio obligado el primero y anaerobio facultativo el segundo.

Claro está que para la Agricultura es función esencialísima la correspondiente al fenómeno de la nitrificación, por lo cual hubo de tenderse á determinarla, consiguiéndose el fin pretendido en virtud de los trabajos realizados, primero, por Schelesing y Muntz (a quienes corresponde el mérito de haber demostrado que los nitratos se producen mediante la intervención de los fermentos), por muchos observadores después, que luego trataron de resolver la cuestión planteada sobre si era o no uno solo el fermento nitrificante, y, en definitiva, por Winogradsky, que hubo de resolverla consiguiendo aislar los organismos nitrificadores al estado de pureza y explicando satisfactoriamente la existencia de dos formas: los organismos que

transforman el amoníaco en ácido nitroso, y los que, llevando más lejos la oxidación, convierten los nitritos en nitratos. Al sabio últimamente citado corresponde, por tanto, la gloria de haber conseguido llevar a completa perfección el conocimiento de tan esenciales hechos; porque, además de lo expuesto, realizó prolijos estudios sobre la morfología de estos fermentos en muy diversos suelos de Europa, Asia y Africa, proponiendo, como consecuencia de sus trabajos, la agrupación de todos los microbios que transforman el amoníaco en ácido nítrico (a los que en conjunto denominó nitrobacterias) en tres géneros, y dos especies en uno de ellos, géneros que son: el correspondiente a los fermentos nitrosos del Antiguo Mundo, o género *Nitrosomonas*, con sus especies *N. europea* y *N. javanensis*; el constituido por los fermentos nitrosos del Nuevo Mundo, o género *Nitrosococcus*, y por último, el género *Nitrobacterium*, en el que se incluye el fermento nítrico. De este modo llevó el ilustre experimentador a completo término su importante obra, destructora de la anarquía reinante en las opiniones emitidas por los demás observadores. Entre estas opiniones son, sin embargo, dignas de ser consignadas las que atribuían distintas propiedades a un mismo organismo, que así resultaba productor de amoníaco en presencia de la materia orgánica y determinante de la nitrificación en ausencia de la misma; la sustentada por los que teniendo en cuenta, a más de la nitrificación, el fenómeno inverso de reducción de nitratos, suponían en un mismo fermento un sorprendente cambio de función. Marchal, por ejemplo, atribuye al *bacillus nicoydes* la propiedad de formar amoníaco en las disoluciones de albúmina y compuestos amidados, y le supone con función contraria, esto es, reductora y muy enérgica, en la disolución de nitrato, propiedades que extiende a todos los organismos nitrificadores el sabio Th. Leonne.

En estricto espíritu de justicia, y aunque sólo se trate de hacer ligerísima reseña de tan importantes trabajos, tampoco pueden ser olvidados los de Warington, que tan de acuerdo se hallan con los de Winogradsky, faltando a aquél sólo el aislar en cultivos puros los fermentos nitrificadores para que la coincidencia fuese perfecta, porque la existencia de las dos formas y la imposibilidad del cambio de funciones fueron previstas por el primero antes de conseguir sus resultados el segundo.

Existen, por tanto, en los suelos esas formas microbianas encargadas de hacer que la materia orgánica sea asimilable por los vegetales superiores, y en la práctica agrícola ha de tener mucha importancia el facilitar su acción. Ahora bien; como el fin que vengo persiguiendo es el de hacer resaltar todas las fases en las cuales el agua ejerce su influencia en Agricultura, algo habré de decir respecto al agua como favorecedora de la acción desarrollada por aquellos fermentos en las tierras de cultivo. Pero antes concretaré también cómo se ha demostrado y justificado que en los suelos existen bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico, bacterias que ejercen esta acción, ya por sí mismas, ya en equitativa asociación con las algas ó con las leguminosas, y en cuya fijación el agua parece igualmente favorecedora del trabajo que estas nuevas formas han de realizar.

El descubrimiento de la fijación del nitrógeno libre de la atmósfera en los suelos obedece realmente a las observaciones de Lawes y Gilbert, en Inglaterra, y Bousingault y Deherain, en Francia, los cuales mostraron la evidente desigualdad que existe entre las cantidades de nitrógeno que, bajo forma nítrica, pierden los suelos por las aguas de filtración, y las suministradas a los mismos por las combinaciones nitrogenadas del aire, así como la no menos sensible diferencia existente entre el aumento de nitróge-

no al estado de combinación que experimentan los prados naturales, y la cantidad del repetido cuerpo simple que la atmósfera puede suministrarles mediante las combinaciones que del mismo posee, con todo lo cual destruyeron la atractiva opinión de Muntz, que admitía el sostenimiento de la vida, desde su origen, por una cantidad de nitrógeno combinado, producida a expensas de los elementos de la atmósfera durante el enfriamiento terrestre.

Las causas poderosas de la fijación del nitrógeno libre del aire en los suelos las halló recientemente el ilustre Berthelot al descubrir que dicha fijación es resultado de la acción microbiana; porque, en efecto, numerosos experimentos que el insigne maestro realizó acusaban un enriquecimiento de nitrógeno en las tierras objeto de estudio cuando, convenientemente humedecidas, quedaban expuestas al aire por algún tiempo; manifestando estos mismos experimentos, además, que tal hecho no se verifica si se someten las tierras á una temperatura conveniente para destruir los microorganismos; y las hallaron también Hellriegel y Wilfarth al mostrar la misma fijación por las leguminosas, cuando en sus raíces existen nudosidades con bacterias, confirmando así lo sostenido por George Ville como resultado del conjunto de observaciones que este eminente agrónomo hubo de realizar sin el poderoso auxilio que luego ha prestado la bacteriología.

No fué el descubrimiento de Berthelot admitido íntegramente. El hecho de figurar entre las tierras objeto de observación el kaolín, arcilla que debe hallarse desprovista de los alimentos necesarios para el desarrollo microbiano, hizo que algunos atribuyeran el fenómeno en tales casos a influencias eléctricas; pero, aun con estas reservas, la fijación del nitrógeno en los suelos por la acción microbiana queda hoy como hecho comprobado por múltiples observaciones.

Respecto a los organismos fijadores, el mismo Berthelot pudo aislar algunas bacterias incoloras y algunos mohos que muestran gran actividad; y Winogradsky, tras varias tentativas, aisló el *Clostridium pasterianus*, que, en los medios desprovistos de combinaciones nitrogenadas, fija a su protoplasma el nitrógeno gaseoso, tomando la energía necesaria para el trabajo de organización que ha de realizar de la glucosa contenida en los medios de cultivo o de las materias húmicas de las tierras laborables, en las cuales tan frecuente es su presencia.

Además de estos modos de fijación del nitrógeno atmosférico, existe el determinado por las asociaciones que en los suelos deben constituir las algas con las bacterias, por ser éstas fijadoras de aquel elemento y capaces de prosperar en las capas bien aireadas de las tierras donde la función clorofílica de las algas determina un aumento de oxígeno, condiciones opuestas totalmente al desarrollo del *Clostridium*, que es absolutamente anaerobio.

Consignados estos hechos, y prescindiendo de muchos detalles altamente interesantes para objeto distinto del que me he propuesto, procuraré deducir del insuficiente número de observaciones que hoy poseemos la influencia ejercida por el agua en la acción desarrollada por todos los seres infinitamente pequeños que intervienen en la transformación de la materia orgánica de los suelos. Tales seres, ya sean Hiphomicetos, ya Blastomicetos o ya Schizomicetos, cuentan lógicamente entre sus condiciones de existencia la humedad del medio que para los primeros, por ejemplo, es necesaria en cantidad elevada, disminuyendo la intensidad vegetativa de los mismos cuando se deseca el *substratum*, y cesando por completo la vegetación cuando la humedad desciende de ciertos límites. E igualmente es necesaria para la vida de las levaduras y las bacteriáceas, las cuales, así como las mucoríneas, exi-

gen el concurso del agua con el de cierta temperatura, y en la mayoría de las especies el del oxígeno, para la germinación de las esporas.

Las especies correspondientes a uno ó a varios de estos tres grupos, que son los principales, y por esto los únicos que he mencionado, podrán hallarse sobre un mismo *substratum*, dominando o existiendo exclusivamente aquellas que encuentran condiciones más apropiadas a su desarrollo y multiplicación, y estas especies ejercerán sobre dicho *substratum* acciones variables, según las circunstancias que se les ofrezcan; veamos, pues, las principales.

Hecho de observación vulgar es en Agricultura el que ofrece la práctica denominada descanso de las tierras; nuestros antepasados vieron ya que favorecía la reconstitución de los terrenos, en lo que a substancia fertilizante se refiere; pero alcanzaban su conveniencia sólo por puro empirismo, quedando ignorados para ellos los poderosos motivos que la justifican: hoy se puede justificar y explicar aquella creencia por la suprema razón de ser obra, la de reconstitución de los suelos, realizada por el número inmenso de los microorganismos que, existiendo en ellos, encuentran en los desprovistos de vegetación condiciones muy favorables a su existencia. Parece que en la lucha por el agua vencen las plantas macroscópicas a los seres infinitamente pequeños encargados de provocar la destrucción de la materia orgánica y de fijar en las tierras el nitrógeno de la atmósfera, y por esto, cuando el suelo se halla cubierto por la vegetación y en él se encuentra, además, en cantidad deficiente aquel beneficioso elemento, las acciones de los microorganismos son menos eficaces, disminuyendo, por tanto, la esencialísima que supone la formación de nitratos.

Numerosas circunstancias, en verdad, establecerán el medio favorable para la actividad de aquéllos, y mucho

quizás nos falte para alcanzar el conocimiento perfecto de todas ellas; pero desde luego puede darse como bien establecido que la humedad es la condición de preponderante influencia en las fermentaciones realizadas en los suelos. Así resulta de los decisivos experimentos ejecutados para determinar la intensidad de la nitrificación en las tierras.

Mediante el análisis de las aguas de drenaje puede llegarse a conocer con aproximación suficiente la energía del fenómeno, y a obtener resultados concordantes que acusan estos extremos: la nitrificación se detiene por completo en una tierra seca, e igualmente deja de producirse cuando el agua está en exceso; en el primer caso falta una condición esencial para la actividad del fermento, y en el segundo, el agua, al desalojar el aire, cambiará el medio necesario para la vida aerobia de los fermentos nitrificadores. En cambio, si la tierra es permeable y se encuentra suficientemente humedecida, la nitrificación se verificará enérgicamente, produciéndose grandes cantidades de nitratos.

Ampliando luego tales trabajos de investigación para determinar las cantidades de agua contenidas en las tierras desprovistas de vegetación y en las ocupadas por los cultivos, se vió que la humedad en las primeras es mayor que en las segundas, sobre todo en las capas de alguna profundidad; de donde se deduce fácilmente que los nitratos deben ser más abundantes también en aquéllas que en éstas; y tal deducción aparece, en efecto, comprobada, por ejemplo, en los análisis ejecutados por Deherain para determinar la cantidad de nitratos contenida en las aguas de drenaje procedentes de capas de vegetación en que se establecieron los dos casos. Ahora las diferencias observadas respecto a las cantidades de nitratos contenidas en unas y otras aguas no pueden ser atribuidas solamente al aprovechamiento de aquéllos por las plantas, porque aun

suponiendo que todo el nitrógeno que éstas contenían lo hubiesen adquirido al estado de nitrato, la suma de este nitrógeno y el hallado en las aguas de filtración no alcanza la cifra que adquiere el contenido en las mismas aguas de las tierras sin cultivo.

Otra causa poderosa interviene para establecer la diferencia; la transpiración vegetal devuelve a la atmósfera una cantidad de agua considerable, la tierra se deseca por el cultivo y el fenómeno de la nitrificación disminuye en intensidad o deja de producirse, porque con la pérdida de agua se amortigua la actividad de los fermentos que lo determinan.

Por tales razones mucho importará restituir el agua sustraída de los suelos por la transpiración de las plantas, cuando las precipitaciones atmosféricas no suministran la necesaria para atender a este acto fisiológico, prestando a la vez la indispensable al conveniente funcionalismo de los seres que en el suelo desarrollan las acciones tantas veces consignadas.

Importa, pues, asegurar la alimentación nitrogenada de las plantas sometidas al cultivo, y esto se logra supliendo las deficiencias de la formación de nitratos con la adición al suelo de las convenientes sustancias minerales, o favoreciendo la descomposición de la materia orgánica de él, o de la que se le puede adicionar, previa la determinación de las condiciones necesarias para que la acción de los fermentos resulte enérgica: he aquí por dónde aparece claramente deducida una potentísima justificación de los riegos; por dónde se presenta como hecho indudable el aumento de fertilidad que los mismos reportan. Tan poderosas causas obligarán a decir que si la pérdida de elementos solubles podrá aumentar con los riegos (por los elementos arrastrados en las aguas de filtración), en cambio, también con ellos se desarrolla la acción primero des-

crita, y que es compensadora de esta última. Redúzcanse aquellas pérdidas, creando con el radical empleo de todas las prácticas del cultivo una vigorosa vegetación que aproveche los elementos útiles casi en el instante de ser formados, y entonces aparecerá todo el valor asignable a los riegos, toda su amplísima conveniencia.

En resumen: en el curso de este trabajo he procurado consignar:

1.º La intervención del agua en las distintas fases de la vida vegetal, y cómo la investigación científica ha determinado las cantidades mínimas de aquel cuerpo absolutamente imprescindibles para que se cumplan debidamente cada una de las aludidas fases hasta llegar al desarrollo completo de las plantas.

2.º Las condiciones meteorológicas de las diferentes regiones de España con respecto a las cantidades de agua que pueden naturalmente suministrar las precipitaciones atmosféricas, y qué fracción será aprovechable para la vida vegetal.

3.º La influencia del agua en las descomposiciones de la materia orgánica y en la vida y desarrollo de los microorganismos existentes en las tierras labrantías y que intervienen a su vez en aquellas descomposiciones y en la absorción del nitrógeno atmosférico, haciéndole entrar en combinaciones útiles para la nutrición de los vegetales; y

4.º Cómo los riegos, al suplir las deficiencias de las cantidades de agua suministradas por los meteoros y reducidas por circunstancias del clima y del terreno, son los que pueden procurar la provisión de agua absolutamente necesaria para que la vida vegetal se desarrolle en todas sus fases en el grado que corresponde a una producción agrícola próspera y para que los microorganismos existentes en el suelo cooperen debidamente a esa misma producción.

He dado fin a cuanto me propuse exponer para demostrar la misión del agua en la agricultura. Aunque el razonamiento que he seguido pueda ser deficiente, la conclusión ha de parecer admisible. Un voto más en pro del aumento de la potencia productora en nuestro suelo será siempre atendible, aunque no venga revestido de gran autoridad por causa del corto mérito de quien lo emite; mas las circunstancias por que nuestro país atraviesa quizá lo salven del olvido. Por eso yo, reconociendo que ese voto, por ser mío y por el modesto ropaje con que habría de cubrirle no alcanzaría, por sí sólo, la significación que por su finalidad le corresponde, al intentar la explanación del tema, pensé, que por ser expuesto en este sitio, adquiriría fuerza y autoridad en el concepto público.

Me permito, finalmente, ampliar mi voto en pro de esta gran mejora, asegurando que importa implantarla con largueza; urge reformar nuestra agricultura, pobre, por lo general, en rendimiento; estacionaria en muchas de sus prácticas; lenta en sus progresos. Y no creo yo que con sólo extender el regadío se remediarán los males de la clase agrícola, que constituye las nueve décimas partes de nuestra población. A este propósito bastará recordar que del estudio de la crisis agrícola general europea, producida por la exuberante y económica producción de América y del Extremo Oriente, resulta que los mayores estragos producidos por ella corresponden a las regiones en que domina el cultivo intensivo, observación apuntada hace algunos años por el Director del Instituto Agronómico de París, Risler, uno de los más convencidos propagandistas de la rápida y enérgica modificación científica en los cultivos como único remedio contra los terribles efectos producidos por el rudo golpe que a la agricultura de la vieja Europa hubo de dar la de las comarcas del otro lado del Océano. Considero esta reforma, una vez implantada, como pode-

roso estímulo para realizar todas las grandes transformaciones y mejoras que exigen nuestros cultivos; para desarrollar con rapidez cuanto en armónica combinación tiende a destruir los que denominó el insigne Jovellanos estorbos morales, políticos y físicos, que se oponen al desenvolvimiento de nuestra riqueza agrícola; esto es, para llevar á la práctica, con lo que es misión exclusiva del Estado, lo que corresponde a la iniciativa particular y que se condensa en la seductora síntesis llamada asociación mutua, principal defensa contra los males sentidos, seguridad del mañana y hasta práctica de un deber inexcusable: el de la disminución de las desigualdades sociales.

Considero todo esto, y veo además que, si Bélgica convirtió en ricas praderas las arenas de la Campine; si la Administración británica de la India realiza desde hace casi sesenta años una obra capital para someter al riego el quinto de la superficie dedicada al cultivo de un territorio de un millón de kilómetros cuadrados; si Italia se esfuerza para extender la perfecta implantación de los riegos de su parte septentrional, y si Francia, para no citar más ejemplos, pide que se amplíen sus extensiones regables, también los viriles Estados del Norte de América, la nación que es principal causa de la perturbación agrícola europea, conceden preferente atención a tan capital asunto y llevan la mejora a la denominada región árida, en la cual más de seis millones de hectáreas son estériles por la carencia de riego. Veo tan salientes ejemplos; veo, además, con infinita tristeza, que en el macizo triangular que forma nuestra Península, y en la parte correspondiente á nuestro territorio, un 46,8 por 100 de su total extensión corresponde a los terrenos incultos, siendo entre los cultivados escasos los de regadío, que sólo $1/30$ suponen; sé, por último, que la planicie central de la Península ibérica figura entre las regiones más secas del globo, después de los de-

siertos de Asia y Africa, y por todo ello créome autorizado para pedir que se extienda en nuestro suelo la beneficiosa influencia ejercida por el Turia en la agricultura valenciana; la del pantano del Tibi en la región alicantina; la del Canal Imperial en la aragonesa, y, para pedirlo, emplearé no mis palabras, sino las pronunciadas por el agrónomo Deherain al exigir tal reforma para su patria; en ellas sólo tendré que cambiar el nombre de la nación para que expresen, mejor que pudieran hacerlo las mías, la importancia de esta grave cuestión en nuestra patria; tales palabras dirían: «Regar el suelo de España empresa debe ser que determine nuestra gloria en el siglo xx.» El agua, en efecto, es la condición primera de fertilidad y el más firme motivo de prosperidad agrícola.

HE DICHO.

DISCURSO-CONTESTACION

DEL

EXCMO. E ILMO. SR. D. JOAQUIN MARIA CASTELLARNAU

SEÑORES:

Doloroso es que el recuerdo de la muerte venga siempre a perturbar las alegrías de la vida, aun en aquellos casos en que, como en el presente, son éstas las más puras y espirituales; y es que la vida no es otra cosa que el cambio incesante entre algo que viene y algo que se va, y lo que se va, aunque decimos que muere, continúa viviendo en el recuerdo y ejerciendo su influencia, perjudicial o benéfica, en lo que queda. Por eso no podemos nunca sustraernos a la imagen de la muerte; y bienaventurados los que se fueron dejando por recuerdo una estela luminosa de honradez, de trabajo y de saber, que nos sirva de guía en nuestra corta peregrinación por este valle de lágrimas. Esos no mueren nunca, porque a su memoria perdurable le consagramos verdadero culto. Los que sí mueren son aquellos seres inútiles para todo lo que sea trabajo u obra buena, y que después de su muerte sólo dejan en el mundo de la materia un puñado de cenizas que pronto el viento se lleva, y en el mundo del espíritu, nada: ¡el vacío más completo! Ciertamente no fué de estos últimos el Excelentísimo Sr. D. Miguel Colmeiro. Verdad es que ha dejado un sillón vacío en esta Academia; pero es sólo el sillón el que ha quedado vacío, pues su recuerdo continúa viviendo en nosotros, y vivirá siempre en el alma de todos los

amantes del saber y de la cultura patria, porque su nombre va unido al de los más ilustres botánicos españoles del siglo XIX.

Tal vez no fué Colmeiro uno de los naturalistas que más corrieron por montes y valles en busca de especies nuevas con que enriquecer nuestra flora, pues su actividad la dirigió sobre todo al estudio concienzudo de los herbarios y datos recogidos por sus antecesores, y de un modo especial al conocimiento de la literatura botánica española. Clásicas serán por mucho tiempo sus dos obras capitales en ese concepto, de indiscutible mérito, tituladas *Enumeración y Revisión de las Plantas de la Península Hispano-Portuguesa* y *La Botánica y los Botánicos de la Península Hispano-Lusitana*, premiada esta última en concurso público por la Biblioteca Nacional. Y no se crea que con eso se dió por satisfecho el Sr. Colmeiro, pues durante su larga vida de trabajo son una multitud—pasan de cuarenta—los libros, folletos y estudios diversos que publicó sobre asuntos relativos a los vegetales, escritos todos ellos con sin igual competencia, y tan castizamente en castellano, que con merecida justicia le abrieron las puertas de la Real Academia Española. Y entre esos libros figura uno, que a mi modo de ver reviste especial interés, por ser el primer tratado de Botánica general genuinamente español escrito con posterioridad a la época linneana, que se prolongó entre nosotros hasta después de la muerte de D. Antonio José Cavanilles (1). Y si a todo eso se añaden los cincuenta y ocho años de profesorado, desempeñando las Cátedras de Botánica primero en Barcelona, luego en Sevilla y finalmente en el Jardín Botánico de esta Corte, se verá si tiene derecho el Sr. Colmeiro a que su memoria perdure entre nosotros. Honores y distinciones no le faltaron en vida; pero yo creo que todos ellos no llegan, ni con mucho, al gran honor reservado sólo a los hombres verdaderamente

buenos e ilustres, que consiste en el aprecio y veneración que se les tributa después de muertos. Y ese honor se lo rendimos hoy y siempre, todos nosotros, al Excelentísimo Sr. D. Miguel Colmeiro.

* * *

Mas ya es hora, señores, de que me ocupe del nuevo Académico. En el magistral Discurso que acaba de leer, habréis reconocido su triple personalidad de Ingeniero, de hombre de ciencia y de político. Su tema no puede ser de más oportuna actualidad en unos momentos en que los Poderes públicos se ocupan del gran problema de librar la agricultura patria del terrible azote de las sequías que empobrecen los campos y dejan yermas considerables extensiones de nuestro suelo. Y los políticos discuten la solución de ese gran problema con el apasionamiento inherente a todas las cuestiones que afectan al bien común, cuando con ellas se mezclan los intereses de partido que todo lo invaden, ofuscando tal vez la serenidad de ánimo necesaria para estudiar el modo más conveniente de satisfacer las aspiraciones de aquellos que pretenden aumentar la riqueza de sus tierras, llevando a ellas el agua que les niega el clima seco y poco lluvioso de la mayor parte de España.

Aboga el nuevo Académico, en su Discurso, por los riegos en gran escala, como medio de convertir «en regiones pobladas y risueñas muchas de las que ahora son tristes soledades», y de «transformar la propiedad rústica en dominio privilegiado de la civilización y de la riqueza». Y para que esa transformación pueda llevarse a cabo sin tropezar con los escollos que ya en su tiempo señalaba el insigne Jovellanos, es partidario de que se determine bien cuál ha de ser la parte del Estado en la resolución de ese

magno problema, y cuál la que corresponda a la iniciativa particular, condensada en el principio de la asociación mutua, como medio de defensa contra las desigualdades sociales. Esto, como veis, pertenece más bien a la política que a las Ciencias naturales; y es que el Excmo. Sr. D. Bernardo Mateo Sagasta, aun siendo un verdadero naturalista como se refleja en todo el cuerpo de su Discurso, no puede olvidar que su ilustre apellido es el que llevó uno de los más grandes estadistas españoles de los tiempos modernos, que fué también, como él, ilustre Ingeniero y miembro de esta Real Academia.

Diputado a Cortes en varias Legislaturas, D. Bernardo Mateo Sagasta ha sido una figura saliente en el campo de nuestra política, y ha ocupado altos puestos en la gobernación del Estado, llegando por méritos propios a la más técnica y científica de todas las Direcciones generales, cual es la del Instituto Geográfico y Estadístico; y luego su gran ilustración y especiales condiciones de carácter le han llevado por dos veces a la Subsecretaría del Ministerio de Hacienda, y a la Dirección General de Correos y Telégrafos, y a los altos y honoríficos cargos de vocal del Consejo Superior de Agricultura, Industria y Comercio, y de la Comisión permanente de Pesas y Medidas. Y fuera de España, en varios Congresos internacionales, ha ostentado también la representación nacional, siempre con gran brillantez y acierto.

Mas no se crea que ha sido sólo en los dominios de la política en los que el Sr. Sagasta ha desplegado su actividad y ha ganado laureles, pues si bien los azares de la vida, y tal vez la fuerza del apellido, le han conducido a las discusiones del Parlamento, su predilección por el estudio, por el afán de saber y por el goce íntimo que proporciona el trabajo, le inclinaron a seguir la carrera de Ingeniero Agrónomo, que terminó con gran luci-

miento, a la vez que frecuentaba las aulas de nuestra Universidad Central, hasta verse investido con el título de Licenciado en Derecho Civil y Canónico.

Mas su profesión favorita ha sido siempre la de Ingeniero, y a ella ha consagrado sus desvelos, sobre todo en la parte que se relaciona de un modo más especial con las Ciencias naturales; y así le vemos ya, al poco de terminar la carrera, explicando la Cátedra de Botánica en la Escuela de Ingenieros Agrónomos, ciencia por la cual ha sentido siempre verdadero cariño; y una gallarda prueba de su gran competencia en ella nos la acaba de dar en el Discurso que habéis oído. Y no fué únicamente en la Cátedra en donde el Sr. Sagasta se ha hecho benemérito del Cuerpo a que pertenece, sino también desde la Dirección de la Escuela, cargo en mi opinión el más difícil y trascendental de cuantos desempeñan los ingenieros de todos los Cuerpos; y de él salió con pena cuando las exigencias políticas le llevaron a la Dirección General de Correos y Telégrafos, dejando entre sus compañeros tan gratos recuerdos de su acertada gestión, que al poco tiempo mereció el honor de que le elevaran con sus votos a la Presidencia de la Asociación de Ingenieros Agrónomos.

La «Estación para el ensayo de semillas» del Centro docente de la Moncloa se debe a su iniciativa, y es fruto de sus viajes y estudios realizados en varias «estaciones» análogas del extranjero, y de un modo particular en la muy celebrada «estación» de la capital de Austria.

Y de seguro no acabarán en esto los méritos científicos del Sr. Sagasta. Yo le doy, en este solemne acto, la más cordial bienvenida en nombre de la Academia, ya que tan honroso y para mí grato encargo he recibido de nuestro sabio y venerable Presidente.

Y aquí, señores, daría por terminada mi misión, si la costumbre en estos casos no fuera otra. Por eso me veo obligado a molestaros unos momentos más.

La nota dominante en el Discurso que tengo la honra de contestar, ya habéis visto que es la que le imprime el hombre de ciencia que conoce a fondo el papel fisiológico que desempeña el agua en la vida vegetal, y el Ingeniero que estudia el modo práctico de proporcionar esa agua a las plantas que son objeto de cultivo, con el fin de obtener de ellas el mayor rendimiento posible; pues el político, a que antes he aludido, sólo asoma en unas pocas líneas escritas con suma discreción. ¿Y qué otra cosa podré yo añadir que no esté admirablemente contenida en ese Discurso lleno de doctrina y magistral bajo todos conceptos?

Ciertamente, ni las plantas, ni los animales, ni el hombre mismo pueden vivir sin agua, porque el agua constituye gran parte de sus alimentos, de agua está formada la mayor parte de su cuerpo, y sin agua no es posible que se verifiquen las funciones más esenciales de la vida. La materia organizada viva, en donde quiera que se encuentre, se halla siempre en estado coloidal, y es un hidrogel o un hidrosol, esto es, un coloide que tiene por disolvente el agua. Coloides son todos los albuminoides, y de coloides se componen todos los órganos protoplásticos de las células, así como sus membranas; y los jugos de las plantas, el plasma de la sangre y la materia intercelular de los tejidos animales son también, en su esencia, disoluciones coloidales. Por eso un químico moderno ha podido decir, en un libro recientemente publicado (2), que sin coloides no se concibe la existencia de los seres vivos, porque el estado coloidal es el más a propósito de cuantos conocemos para que la materia organizada se ponga en íntima conexión con el agua, conservando su individualidad.

Admitiendo la constitución de la materia viva ideada por Nägeli, el agua se encuentra en ella bajo tres formas distintas: primero como agua molecular de las micelas, combinada con los elementos que forman la molécula de la substancia orgánica; segundo, como agua adhesiva de las micelas, que a manera de atmósfera acuosa está retenida a ellas por la fuerza de la atracción micelar, y tercero, como agua de capilaridad, que discurre libremente por entre las micelas y sus envolturas acuosas, y que por eso se llama «agua de circulación». En los vegetales es esa agua de circulación la que lleva disueltos los alimentos minerales a los órganos protoplásticos verdes de las células, para que, con ellos, el agua misma y el ácido carbónico del medio ambiente, se verifique la admirable síntesis orgánica, cuyo resultado final son las substancias plásticas que sirven para formar micelas nuevas, a la vez que para la reparación de las pérdidas ocasionadas por las funciones vitales. Esa «agua de circulación» procede de la humedad del suelo, de donde la absorben las raíces de casi todos los vegetales superiores, y especialmente de los que son objeto de cultivo, y luego el sistema vascular la distribuye por todo el cuerpo de la planta, y especialmente por el tejido nutritivo de las hojas.

En los albores de la vida vegetal, cuando todas las plantas vivían en el seno de las aguas, no eran precisos órganos especiales destinados a absorber y circular el elemento líquido; mas luego, siguiendo los vegetales la evolución de la Tierra, abandonaron poco a poco los mares que habían sido su cuna y se esparcieron por toda la redondez del globo, subiendo hasta la cumbre de las más elevadas montañas. Imposible nos es, en el estado actual de nuestros conocimientos, seguir paso a paso las diversas etapas por las que han debido de pasar las plantas hasta el abandono completo de su estación acuática; mas una

idea remota, en un estado intermedio de su evolución, tal vez nos la puede dar el paisaje que debió de ofrecer la exuberante vegetación criptogámica de la época carbonífera, que fué, sin duda alguna, la más favorable para la vida vegetal. De los pantanos y bajiales de aquellos remotos tiempos, así como de las orillas de los lagos y de todas las superficies cubiertas por aguas poco profundas, emergía un bosque espeso de troncos de *Sigilaria*, *Cordaites* y *Lepidodendron*, que eran los árboles más colosales de entonces, cuyas ramas bifurcadas se extendían en una atmósfera siempre nubosa y muy cargada de ácido carbónico, en tanto que las raíces se desarrollaban debajo del agua, entre el légamo y fango de los fondos. Y una intrincada maraña de helechos arbóreos, de *Calamites* y otras criptógamas de menor talla, completaban el cuadro de esa vegetación asombrosa de carácter puramente anfibio, que marca el tránsito entre la vegetación acuática y la aérea que puebla hoy nuestros campos y montañas.

Un recuerdo, aunque vago, de lo que debieron ser esos bosques anfibios de la época carbonífera, le encontramos hoy día en los manglares que se desarrollan en los esteros y ciénagas y en el fondo de las bahías muy entrantes en el litoral de los países tropicales del nuevo y viejo mundo. No son ya las Criptógamas las que forman la masa de la vegetación, sino las *Rhizophora*, *Avicennia*, *Laguncularia* y otras Dicotiledóneas arbóreas, cuyas raíces desarrolladas en el suelo fangoso y siempre cubierto de agua, elevan desde el fondo unos brazos arqueados y de forma especial, que a manera de zancos sostienen los troncos de los árboles fuera del agua, cuando su nivel se eleva al subir la pleamar.

Mas en la mayoría de los casos, las plantas vegetan en muy distintas circunstancias, y las raíces sólo pueden absorber del suelo el agua que las lluvias depositan en él, esta-

bleciéndose así una relación de tan íntima dependencia entre ella y los vegetales que cubren el suelo, que hoy día es cosa corriente admitir que la cantidad y diferente distribución anual de las lluvias, unida a la humedad del aire y a la acción de los vientos, por su influencia desecante, son los únicos factores que determinan el «tipo de la vegetación» que domina en un país, pues la influencia del calor se reconoce en el «tipo floral», por lo menos en cuanto éste se refiere a las causas actuales, y si para definirle, más bien que los géneros y las especies, se toman en cuenta los órdenes y las familias (3).

La cantidad y la distribución de las lluvias en las distintas estaciones del año determinan, en sus rasgos generales, lo mismo la existencia de esos inmensos bosques de los trópicos, siempre verdes, y en los que no penetran nunca los rayos del sol, que la de las sabanas del Africa con sus característicos boababs, la de las pampas de la Argentina y de las praderas sin fin del norte de América, así como la de los juncas de la India, que sirven de guarida al tigre real. Y a la carencia de lluvias es debida esa gran faja de desiertos que atraviesa el viejo mundo siguiendo desde el Sahara, por la Arabia y las mesetas del Irán, hasta perderse en las elevadas planicies del Gobi. Y las plantas, nacidas al principio para disfrutar del agua sin limitación ni tasa, han tenido que acomodarse a la escasez de ella para poder vivir en las pampas y en las estepas y en los desiertos. Y de ahí esa infinidad de disposiciones especiales que encontramos en ellas para defenderse de la sequía, que constituye su enemigo más terrible; pues hay que tener en cuenta que los efectos mortales de las bajas temperaturas no son otra cosa, en la mayoría de los casos, que el sufrimiento producido por la falta de agua, puesto que en un suelo helado las raíces no pueden absorber la cantidad necesaria para que no se interrumpa la circula-

ción, que es una de las condiciones esenciales para el mantenimiento de la vida (4).

Muy variados son los medios de defensa que las plantas adoptan contra la sequía constante o periódica, con el fin de poder vivir aun en aquellos sitios en los cuales la gran escasez de agua parece que debiera ser un obstáculo para el desarrollo de la vida vegetal. Los botánicos llaman xerófilos a esos medios, encaminados siempre a gastar con la mayor economía posible el agua que las raíces proporcionan a la planta, reteniéndola en sus tejidos durante mucho tiempo, como sucede, por ejemplo, en esas cácteas, tan exóticas para nosotros, que crecen en las mesetas elevadas, secas y pedregosas de Méjico y California, entre las cuales descuellan, en primer término, los troncos en forma de columnas estriadas del *Cereus giganteus*, que alcanzan a veces hasta 20 metros de altura, y otras especies raras de flores espléndidas o de tallos suculentos y sin hojas, como los nopales, que traídos de esas lejanas regiones se han aclimatado tanto en algunos sitios de España, que parecen encontrarse en su país natal. Porque hay que tener en cuenta para formarnos una idea de las ventajas que los cactus tienen para luchar contra la sequía, que un *Echinocactus*, por ejemplo, ofrece a la evaporación una superficie 6.000 veces menor que una *Aristolochia* de hojas grandes, que tuviere el mismo peso. Otro caso de la gran aptitud que poseen las plantas sin hojas y con gran desarrollo de tejidos acuosos, para resistir la sequía, nos lo ofrecen las euforbias en forma de candelabro, que viven en el temible desierto africano de Kalahari (5), juntamente con la *Welwitschia mirabilis*, de aspecto tan raro y asombroso, que mejor que una planta diríase que es un rebujo de largas tiras correosas y ensortijadas de color ceniciento, que en montones aislados interrumpen la monotonía de las arenas sedientas. Y hasta en el suelo abrasado

del Sahara, que es el prototipo de los desiertos, se encuentran algunas plantas que, gracias a su gran xerofilia, pueden soportar largos períodos de carencia absoluta de agua, como les sucede a algunas artemisas y tarayes y retamas sin hojas, próximas parientes de la *Retama spherocarpa*, que con tanta abundancia crece en los arenales de las inmediaciones de Madrid; y aun en primavera, cuando caen cuatro gotas de lluvia, las arenas se esmaltan con las flores de color violeta de la *Scorzonera alexandrina*, y la vista se alegra con las pequeñas matas verdes de la célebre rosa de Jericó (*Anastatica Hierochuntica*), que pronto se desecan, y en forma de bola corren por el suelo impulsadas por el viento, en busca de un sitio un poco húmedo en donde depositar las semillas.

Mas no es preciso que vayamos a los desiertos de Africa para saber lo que son las plantas xerofilas, pues casi todos nuestros árboles, matas y arbustos de hoja persistente pertenecen a ellas en mayor o menor grado, y algunas en alto grado, como son las que crecen en nuestros terrenos esteparios, que poco tienen que envidiar a las estepas africanas. La frescura de los montes de roble y de haya de nuestras provincias del norte, de vegetación más europea que el resto de la Península, desaparece en los encinares y alcornoques del mediodía, mezclados con coscojas y acebuches de ramas nudosas y retorcidas y demás matorral de hoja seca, dura y persistente; y como si fuese una sensación de sed y de falta de agua, es la que se experimenta ante las grandes extensiones de nuestro suelo cubiertas de jaras, tomillos y romeros, y de retamas de color gris y casi sin hojas, sensación que sube de punto hasta producir verdadera angustia, al contemplar con tristeza esas estepas pobres y desoladas, sin igual en toda Europa, inhospitatorias para todo lo que no sea una pobre vegetación compuesta de plantas muy xerofilas, de matas de atocha o de

especies barrilleras cuando la tierra es salobre. Y nada de extraño tiene que sea así, pues en toda la extensa superficie, que ocupa casi la mitad de España, comprendida entre las costas de levante, desde los alfaques de Tortosa a Cartagena, internándose luego por los llanos de Urgel y la cuenca del Ebro hasta cerca de Logroño, y continuando después por la serranía de Cuenca y la Alcarria, y las provincias de Madrid y Toledo, y la inmensa planicie de la Mancha, teatro un día de las hazañas de nuestro Héroe legendario, la altura anual de las lluvias, sumamente raras en verano, no pasa de 400 mm.

Y otra gran región parecida hay en el centro de Castilla la Vieja, en donde tampoco la lluvia es superior a dicha cantidad (6). ¡Apenas llega a 300 mm. la que cae en Zaragoza, Salamanca, Lérida y Cartagena! Esa gran sequía favorece las formaciones esteparias por poco que ayude la composición del suelo, y a ambas causas es debido el que tengamos en España estepas comparables a las de Argelia y de las orillas del mar Caspio. Algunas abarcan considerables extensiones, como la ibérica que ocupa casi todo el fondo mioceno de la cuenca del Ebro; la de Castilla la Nueva, que empieza en las mismas puertas de Madrid y se extiende por las llanuras de la Mancha y la del litoral, la más africana de todas, que teniendo por centro la ciudad de Murcia, sigue al río Segura hasta cerca de sus fuentes, y bordea la costa mediterránea desde el cabo de La Nao hasta más allá del cabo de Gata. Las otras, hasta el número de ocho, son menos considerables (7).

Pero como España es en todo el país de los contrastes, lo es también respecto a las lluvias, y si en Cartagena, por ejemplo, sólo llueve catorce días al año, en cambio en Santiago y en San Sebastián llueve, por término medio, ciento setenta y seis días; y en la primera de estas dos ciudades

la cantidad de lluvia mide 1.650 mm., altura considerable que llevaría la palma en nuestra Península si no se la quitara la sierra portuguesa de La Estrella, con sus 2.970 milímetros. Y ésta la cede, en Europa, a Erkvíce, junto a Cattaro, en las costas dálmatas, en donde caen 4.360 milímetros de lluvia todos los años (8). Verdad es que eso es casi nada si se compara con la isla de Los Evangelistas, situada a la entrada occidental del Estrecho de Magallanes, que pasa por ser la localidad más húmeda de la Tierra, pues durante el año son trescientos diez los días en que llueve.

Mas aun en esas comarcas tan secas de España que acabo de indicar, que son las regiones del sol y del cielo sin nubes por excelencia, ni las sequías tan prolongadas, ni las temperaturas abrasadoras del verano, son obstáculo para que en ellas nazcan, como por ensalmo, los jardines más hermosos de Europa, cuando el agua de los ríos dan a la tierra la humedad que le niegan las nubes inclementes. Y para demostrarlo, ahí está Sevilla con sus vergeles y azahares, y la Vega de Granada, y Valencia, la ciudad del Cid y la reina de las flores, y las huertas y naranjales sin par de Murcia y Orihuela: el Guadalquivir y el Genil, el Júcar y el Segura desangrándose por sus campos en una intrincada red de canales y caceras que nuestros dominadores de otros tiempos supieron trazar con sin igual pericia, hacen el milagro.

Africana es la estepa en cuyo centro se levanta la ciudad de Murcia; mas un sinnúmero de acequias que por todas partes cruzan el suelo, convierten sus alrededores en campos de verdor y bosques de frutales, entre cuyas copas sobresalen majestuosos los penachos de las palmeras, «que necesitan para vivir tener los pies en el agua y la cabeza en el fuego de los cielos». Y esas mismas palmeras, como si quisieran elevar un monumento grandioso a la per-

petua memoria de aquel Abderramán que hizo de Córdoba el emporio de la civilización musulmana; que construyó la célebre Mezquita, admiración aun hoy día del mundo entero, y que trajo a España las primeras palmeras desde los desiertos de la Arabia, se reúnen en Elche en un extenso palmeral, único en Europa, que parece un oasis arrancado al mismo corazón del Sahara. Y sólo falta en él, para que la ilusión fuera completa, que entre los granados que forman el matorral a los pies de la Princesa de las plantas, reposara a las horas del calor el Rey de los animales, para salir rugiendo, ávido de sangre, al llegar el crepúsculo de la tarde.

Y de esa hermosa Vega, el máspreciado joyel del reino moro de la Alhambra, ¿qué sería de ella si el Genil no derramara por sus campos el agua de nieve que desciende de los altos del Picacho de la Veleta, abriéndose paso por entre los breñales de la sierra? Lo que sería nos lo dicen los yermos que se extienden no lejos, entre Guadix, Baza y Huéscar. Probablemente la «hermosa Vega» no sería otra cosa que una hondonada polvorienta, seca, árida y desnuda de todo cultivo, con el suelo apenas cubierto por unas pocas matas de artemisa, y de esparto, y de plantas halófilas, entre las cuales, en primavera y como único adorno, se verían las florecillas amarillas, tristes y humildes de un pequeño *Helianthemum*. Eso es la estepa granadina, reverso de la medalla de la frondosa Vega, copia del desolado paisaje que ofrecen las altas mesetas de la Argelia. Verdad es que por su suelo corren arroyos que bajan de las cumbres de Sierra Nevada; pero sus cauces son tan profundos y engargantados, que el agua pasa sin fecundizar la tierra, ni ponerse en íntimo contacto con sus últimas partículas. Tampoco las grandes arterias de nuestro cuerpo nos darían vida y calor si no se dividieran y ramificaran, penetrando en una fina red capilar dentro de los órganos, para

poner en contacto sus tejidos con la sangre vivificadora que parte del corazón. Y si en algún punto de la estepa granadina las corrientes dejan de ser profundas y el agua se derrama por la superficie del suelo, allí nace una vega fértil, como la hoya de Baza nos ofrece un ejemplo.

Y de esa feraz campiña de Zaragoza, emplazada en medio de la estepa ibérica, ¿qué sería de ella si no obraran un milagro parecido las aguas del Gállego que descienden de los Pirineos, y las del Jalón y del Huerva, y las del Canal Imperial que las recoge del Ebro? Suba quien quiera saber la respuesta a uno de los altozanos que rodean la «siempre heroica» Ciudad, y al tender la vista por el dilatado horizonte que desde ellos se domina, verá que el país más triste, más pobre y más desprovisto de vegetación, sin un árbol ni una mata, se extiende por todo el alrededor de la verde campiña, a partir del nivel al cual las aguas no llegan para regar el suelo. Y no otra cosa puede esperarse de esos campos y colinas abrasados durante el verano por los rayos de un sol ardiente que reverberan en las eflorescencias salinas de sus tierras rojizas, o en las rocas grises de las laderas, cuya aridez no logran mitigar los escasos 300 mm. de lluvia que durante el invierno caen sobre ellos.

Y para terminar, permitidme, señores, que cite un caso más en demostración de que en nuestro privilegiado suelo ni el calor sofocante, ni la fuerza de un sol canicular, ni la escasez de las lluvias, ni la aridez de los campos que se extienden a su alrededor, son obstáculo para que se desarrolle la vegetación más frondosa y exuberante, si el suelo recibe la benéfica influencia del agua, ya sea por medio de los riegos, de las avenidas de los ríos o de la filtración de los canales. Y ese caso nos lo ofrece Aranjuez, ese paraíso de la vegetación arbórea, sin rival en Europa, edén de árboles gigantes que superan en grandiosidad y lozanía a cuanto la

imaginación humana puede concebir. Pues bien, señores: Aranjuez, con sus jardines y sus huertas y sus alamedas, no es más que un pequeño oasis en medio de un gran desierto. La estepa más desolada le rodea por todas partes, y sólo campos incultos, áridos, salobres, cubiertos pobremente por algunas matas de escobillas y de plantas barrilleras que desafían durante el verano el fuego de un sol que abrasa, son los que forman los llanos y pequeñas colinas yesosas que sirven de marco a esos admirables jardines y vergeles. Y aquí el prodigio se debe a las aguas del Tajo y del Jarama, que al derramarse por la tierra la fertilizan; porque el agua es el enemigo más declarado del desierto, y cuando humedece el suelo, aunque sea en las sedientas arenas del Sahara, la vida acude presurosa y nace un verde oasis de palmeras.

HE DICHO.

NOTAS

(1) En mi opinión, el primer Tratado de botánica general que se puede considerar castizamente español, escrito con posterioridad a la época del gran botánico Cavanilles, fué el *Curso de Botánica* del Sr. Colmeiro, publicado en tres tomos: el primero en 1854, y los otros dos en 1857. Luego, en el año 1871, hizo de él una segunda edición, refundida en dos tomos, que continúa siendo un libro clásico en cuanto a la terminología botánica, inspirada en la que usaron nuestros grandes botánicos de la primera época, tales como Quer, Barnades, Gómez Ortega, Palau, Cavanilles, Rojas Clemente y La Gasca, cuyas obras conocía á fondo el Sr. Colmeiro.

Debido sin duda a las tristes circunstancias por que atravesó España durante la primera mitad del siglo pasado, las ciencias todas, incluso la botánica, tuvieron una vida muy lánguida. Don Antonio José Cavanilles murió en 1804, siendo Director del Jardín Botánico de Madrid. Con él puede decirse que acabó en España el período linneano. La vida agitada de D. Mariano La Gasca le impidió, seguramente, que publicara un *Curso de Botánica* que tenía escrito, así como la traducción de la *Théorie élémentaire de la Botanique* de De Candolle (París 1813), que también hizo. Antes del *Curso de Botánica* del Sr. Colmeiro, vieron luz unas *Lecciones de Historia Natural* (Barcelona 1845), cuyo tomo segundo estaba dedicado a la Botánica, publicadas por el catedrático de la Escuela de Farmacia de Barcelona, don Agustín Yáñez, y también una *Introducción al estudio de las Plantas* (Madrid 1845), publicada por D. Antonio Blanco; mas ambas otras, más bien que originales, pueden considerarse como calcos, la primera del *Cours élémentaire de Botanique* (París 1842) de Adriano de Jussieu, y la segunda de la *Introduction à l'étude de la Botanique* (París 1835) que escribió Alfonso Luis, hijo del célebre Agustín Pyramo De Candolle. También publicó D. Manuel María José Galdo un *Manual de Historia Natural*

para uso de los Institutos de segunda enseñanza, cuya parte botánica, muy poco extensa en la primera edición, fué mejorando en las sucesivas. Además, por esa época corrían en manos de los estudiantes algunas traducciones, abiertamente llamadas tales, de la *Théorie élémentaire de la Botanique* de A. P. De Decandolle, y de los *Eléments de Botanique et de Physiologie Végétale* de Aquiles Richard, etc., etc. Estos eran los libros de botánica que servían de texto en los cursos que se daban en España, antes de la aparición de la obra del Sr. Colmeiro, y por eso creo que debe considerársela como la primera verdaderamente española que se escribió con posteridad a la época linneana.

Del primer período de la botánica española son los *Principios de Botánica, sacados de los mejores autores (Madrid 1767)*, de D. Miguel Barnades, que sirvieron de texto en las lecciones que se daban en el primitivo Jardín Botánico de Migas Calientes; la *Explicación de la Filosofía y Fundamentos botánicos de Linneo (Madrid 1778)*, de D. Antonio Palau; el *Curso elemental de Botánica, teórico y práctico (Madrid 1785)*, de D. Casimiro Ortega y D. Antonio Palau, ambos profesores del actual Jardín Botánico de Madrid, que substituyó, como libro de texto, a los *Principios de Botánica*, de Barnades, antes mencionados, y, finalmente, los *Principios elementales de Botánica que preceden a la Descripción de las plantas demostradas en las lecciones públicas (Madrid, 1803)*, de D. Antonio José Cavanilles, los cuales fueron traducidos al latín, al francés y al italiano. La primera vez que se escribió en castellano de un modo extenso, sobre anatomía y fisiología vegetal, fué en la traducción que hizo don Casimiro Gómez Ortega de la obra de Duhamel de Monceau *La Physique des arbres (París 1738)*, con el título de *Physica de los árboles. (Madrid 1772.)*

(2) *Chemische Technologie. Kolloidchemie, ein Lehrbuch von Richard Zsigmondy, Leipzig, 1912, pág. 3.*

(3) Una excepción a esa ley general son las *tundras* de las regiones árticas, pues su formación no reconoce por causa inmediata la humedad, sino el enfriamiento del suelo. Véase Schimper: *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage, Jena, 1898, página 174.*

(4) Con las temperaturas bajas, aunque el suelo no esté helado, el poder de absorción de las raíces es muy pequeño, o

completamente nulo. Por eso las plantas criadas en estufa se marchitan al trasladarse a un sitio frío, aunque no les falte agua en abundancia, y vuelven en seguida a su lozanía primitiva, si se las riega con agua templada. Las temperaturas bajas sustraen el agua de los protoplastos y de los jugos celulares, de un modo parecido a lo que sucede a las sustancias coloideas en general, cuando se hielan, y ese efecto deshidratante cuando llega a cierto límite, es el que produce la muerte de las plantas por el frío. Parece natural, a primera vista, que el efecto de las heladas en los tejidos jugosos debería ser el desgarrar y rompimiento de las paredes celulares, y la desintegración de las células y, no obstante, nada de eso sucede. El examen microscópico de los tejidos helados hace ver claramente que el agua se ha separado de los órganos protoplásticos de las células y se halla helada, formando pequeños grumos, en los espacios intercelulares. Si la temperatura sube, esos grumos se liquidan, y el agua vuelve de nuevo al interior de las células, y a los órganos protoplásticos; pero cuando la deshidratación ha pasado de cierto límite, distinto para las diversas especies, los protoplastos no son capaces de hidratarse de nuevo, y entonces las células mueren. Los efectos de las heladas son, pues, semejantes a los producidos por la desecación por falta de agua, y un suelo helado equivale fisiológicamente a un suelo seco.

(5) En las islas Canarias crece también una euforbia en forma de candelabro, que llega a tener la altura de un hombre: la *Euphorbia canariensis*.

(6) Son muy escasos los puntos de España de los cuales se tiene noticia cierta de la cantidad anual de lluvia, y por eso es muy difícil trazar una verdadera carta de la distribución de lluvias. Casi todas las que conozco son más o menos copia de la publicada por G. Hellmann en su estudio *Die Regenverhältnisse der iberischen Halbinsel* (*Zeitschr. der Gesell. für Erdkunde*, 1888.)

Sobre las lluvias de España puede verse:

A. Angot: *Regime des pluies de l'Europe occidentale* (An. Bur. cent. met. 1896-97).

Dr. Fritz Regel: *Landeskunde der iberischen Halbinsel*, Leipzig, 1905.

E. Reclus: *Nouvelle Geographie universelle*, París, 1887, tomo I, pág. 969.

Dr. A. Philippson: *Europa*, 2.ª ed., Leipzig y Viena, 1906.

M. Willkomm: *Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel*, Leipzig, 1896.

«Reseña geográfica y estadística de España», publicada por la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, tomo I, 1912.

En todas estas publicaciones figura una carta de la distribución de las lluvias en la Península. La de la «Reseña geográfica» está trazada con un criterio diferente de todas las demás.

Puede también consultarse: H. Gorria: «Datos de la cantidad de lluvia anual, tomados del avance del Mapa meteorológico de Cataluña» (Memoria de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 1913); los «Anuarios del Observatorio de Madrid», y especialmente el del año 1909, en su artículo «Lluvias de la Península Ibérica», y los diversos «Resúmenes de las observaciones meteorológicas», publicadas por el Observatorio Central (antes Instituto) meteorológico de Madrid, y de un modo especial, el tomo VII, correspondiente al año 1913, etcétera, etc.

(7) El estudio de las estepas españolas lo debemos á Mauricio Willkomm, que las ha descrito en varios de sus libros sobre España, y de un modo muy especial en estos dos: *Die Strand- und Steppengebiete der iberischen Halbinsel* (Leipzig, 1852), y *Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel* (Leipzig, 1896). También es del mismo autor un estudio publicado en el tomo XIX de los *Jahrbuchern für Systematik und Pflanzengeographie* de Engler, (páginas 278-326), con el título de *Abhandlung über die Statistik der Strand und Steppenflora der iberischen Halbinsel*.

Grisenbach, en su obra *Die Vegetation der Erde*, Leipzig, 1884, tomo I, páginas 319 y siguientes, describe también las estepas españolas, siguiendo a Willkomm en los trabajos antes mencionados.

También es muy notable en todos conceptos la obra recientemente publicada por D. E. Reyes Prósper *Las Estepas de España y su Vegetación* (1915), así como *Las Carofitas de España*, del mismo autor.

(8) Dr. A. Philippson: *Europa*, 2.ª ed., Leipzig y Viena, 1906, página 45.