

54  
BREVES CONSIDERACIONES

SOBRE

ESTÁTICA QUÍMICA FORESTAL

POR

D. LUIS DE LA ESCOSURA Y CORONEL

Ingeniero Jefe de Montes.



MADRID

IMPRENTA DE MANUEL G. HERNANDEZ

*San Miguel, 23, bajo*

1879



BREVES CONSIDERACIONES

SOBRE

**ESTÁTICA QUÍMICA FORESTAL**

~~49-15.~~

# BREVES CONSIDERACIONES

SOBRE

# ESTÁTICA QUÍMICA FORESTAL

POR

D. LUIS DE LA ESCOSURA Y CORONEL

Ingeniero Jefe de Montes.



MADRID

IMPRESA DE MANUEL G. HERNANDEZ

*San Miguel, 23, bajo*

1879



## ESTÁTICA QUÍMICA FORESTAL.

---

Los montes, cuya producción anual parece no experimentar disminución, á pesar de que no se restituyen al suelo por la mano del hombre las sustancias que por las cortas periódicas se extraen de él, presentan para el estudio de la estática química del suelo una gran importancia. ¿Qué cantidad de sustancias orgánicas puede producir anualmente un suelo cubierto de vegetación espontánea, no recibiendo abonos?

¿Qué relaciones existen entre las sustancias que los vegetales toman de la atmósfera y del suelo, y cuáles entre los pesos y volúmenes de los materiales minerales y orgánicos que constituyen el monte?

¿Cómo se mantiene el equilibrio químico entre la exportación periódica de las maderas y la producción forestal?

Cuestiones son estas de la más alta importancia, y cuya solución importa principalmente, para dar á conocer detalladamente la teoría de la nutrición vegetal y que pueden, tal vez, por analogía, dar alguna luz en el estudio de la estática química de los vegetales agrícolas.

Hasta hace poco, eran escasos é insuficientes los datos que se tenían sobre la producción forestal. Apenas si se conocían algunos resultados debidos á experiencias aisladas sobre el peso de las hojas y de los árboles que crecían anualmente en una hectárea de monte, y áun estos mismos datos se referían á uno ó dos años solamente, sin indicar con precisión la influencia de las condiciones químicas y físicas de los suelos, en el crecimiento anual, ó por mejor decir en su producción.

La reciente publicacion de una importante obra titulada *Estudio sobre la cubierta de los montes y estática química forestal*, deducida de las experiencias verificadas en las estaciones forestales de los montes comunales de Baviera, debida al Dr. Ernest Ebermayer, profesor de química agrícola y de geognosia de la escuela real central forestal de Aschaffenburg, Berlin 1876 (*Die gesammte Lehre der Waldstreu mit Rücksicht auf die chemische Statik des Waldbaues, unter Zugrundlegung der in den Kænigl. Staatsforsten Bayerns angestellten Untersuchungen, bearbeitet von Dr. Ernst Ebermayer. In 8.º Berlin 1876*), ha venido á desvanecer las dudas que existian, suministrando datos de la mayor importancia.

El gran interés que para los forestales y personas aficionadas á estos estudios tiene la obra de Ebermayer, me ha movido á hacer un análisis de ella tan detallado como sea posible, reproduciendo los principales resultados numéricos á los cuales ha llegado el autor.

Diez ó doce años hace próximamente, que en Baviera se organizaron las estaciones forestales experimentales, poniendo á disposicion de ellas 87 rodales de montes escogidos en condiciones distintas de altitud, suelo, repoblacion, especies, etc., es decir, representando por su diversidad la constitucion media de los montes de Baviera, y el profesor Ebermayer se impuso la ímproba tarea de reunir y ordenar las observaciones meteorológicas verificadas en estas estaciones, así como los resultados de las cubicaciones y pesadas ejecutadas con todas las precauciones y cuidados deseables por los ingenieros de montes, encargados inmediatamente de la direccion de las estaciones, discutiendo los numerosísimos datos y deduciendo conclusiones relativamente á dos cuestiones fundamentales: 1.ª Influencia de los montes sobre la climatología del país. 2.ª Naturaleza, composicion y variaciones de la cubierta de los montes.

Entendiéndose por cubierta de los montes las hojas, ramas, ramillas, cortezas, frutos, etc., etc., en una palabra, todos los detritus forestales que caen al suelo y que no se extraen con los aprovechamientos.

La primera parte de este largo y minucioso estudio fué consignado por el autor en la obra publicada en el año 1873 que tiene por título *Influencia física de los montes en el aire y en el sue-*

lo (1), y al exámen de la segunda ha dedicado la importante obra de que vamos á ocuparnos.

El libro de Mr. Ebermayer, dice Mr. Grandeau, es sumamente metódico, escrito con sobriedad y claridad; su lectura fácil é interesante, á pesar de los numerosos datos estadísticos y analíticos que contiene, y sin ningun género de duda es una de las obras forestales de mayor importancia de nuestra época.

Principia el autor por estudiar la formacion de la cubierta de los montes; es decir, las condiciones de la caida de las hojas, causas, épocas, importancia numérica, segun las especies, las altitudes, etc. En el capítulo segundo resume los datos analíticos referentes á la composicion química de la cubierta y de las maderas, estableciendo la estática química de los montes. En el tercero estudia las propiedades físicas de la cubierta y la influencia que ésta ejerce en las propiedades físicas del suelo. En el cuarto Ebermayer se ocupa de las modificaciones químicas que experimenta la cubierta de los montes y su accion química en el suelo. En el quinto y último capítulo examina la influencia que en el monte ejerce la extraccion de las hojas y demás restos que constituyen la cubierta.

El apéndice trata de la comparacion estática de los cultivos agrícolas y selvícolas, y numerosos cuadros ponen de manifiesto los datos numéricos que han servido de base á los estudios del autor.

Tal es en conjunto la obra de que vamos á ocuparnos por el órden mismo en que se hallan expuestos sus asuntos.

## CAPÍTULO I.

### FORMACION DE LA CUBIERTA DE LOS MONTES POR LA CAIDA DE LAS HOJAS DE LOS ÁRBOLES.

Las hojas que han adquirido su desarrollo completo no pueden continuar viviendo si no reúnen las tres condiciones siguientes:

---

(1) *Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden.* Gr. in 8.<sup>o</sup> con atlas.

Es preciso: 1.º, que la nutrición (por la savia) se realice. 2.º, que la temperatura sea suficientemente elevada. 3.º, que la luz tenga una intensidad conveniente. Sin estas tres condiciones, mueren y se desprenden del árbol. El descenso rápido de la temperatura en Octubre, la disminución de la intensidad luminosa y la debilidad simultánea del proceso alimenticio, son las causas de la caída de las hojas en otoño.

La temperatura media de Octubre es generalmente con relación á la de Setiembre 6º R. más baja (1). La temperatura del suelo desciende de 4º á 1º R. á cuatro pies de profundidad: la respiración, nutrición, funciones de las hojas y de las raíces se aminoran en otoño, y al mismo tiempo las hojas experimentan cambios y alteraciones que conviene examinar.

1.º *Transformaciones químicas de las hojas antes de su caída.*—*Coloración de las hojas en otoño.*—La coloración de las hojas en otoño es siempre un signo de disminución de vitalidad de estos órganos. Con la destrucción del color verde (clorophylla) cesa por completo la asimilación en las hojas: la producción de nuevos principios organizados se detiene: la descomposición del ácido carbónico no se verifica; las hojas descoloradas por el otoño absorben el oxígeno y expelen ácido carbónico contrariamente á lo que hacen cuando verdes. En esta respiración otoñal, la glucosa, la fécula y la clorophylla se destruyen por oxidación y hay producción de ácido carbónico. El árbol cesa también de crecer. Las plantas que vegetan en climas donde la temperatura y la intensidad luminosa no disminuyen sensiblemente en otoño, no pierden sus hojas más que por vejez; la caída tiene lugar en este caso en épocas irregulares é indeterminadas.

La coloración de otoño, en nuestro clima, principia ordinariamente en Setiembre después de la maduración de las semillas (época variable con los países). Las hojas más viejas amarillean primeramente por la punta (*Larix europæa*, *ulmus campestris*, *sauces*), por los bordes (*carpinus betulus*).

Wiesner (Sitz-Ber der Wiener. Acad. 9 Octubre de 1871) ha probado que los tejidos que transportan el agua (nervios), perma-

---

(1) En España.

necén, por regla general, más tiempo verdes, y que los bordes sometidos á una traspiracion más activa se vuelven más prontamente rojos ó verdes. Una fuerte helada hace caer, *aún verdes*, las hojas de ciertas especies (plátanos, castaños, lilas). La caída normal (en ausencia de las heladas) de hojas aún verdes, es rara.

Las coloraciones diversas de las hojas de otoño no se han explicado satisfactoriamente, á pesar de los estudios que con este objeto se han hecho.

La coloracion *amarilla* (*xanthophylla*) resulta evidentemente de la alteracion de la *clorophylla*. Kraus dá la explicacion siguiente de esto: «Cuando en el otoño desaparece la actividad del protoplasma, el oxígeno que se haya distribuido por las celdillas no se utiliza en la asimilacion; oxida entónces los elementos orgánicos de las hojas y destruye (descolora) la *clorophylla*.» El mismo fenómeno se produce en toda estacion cuando, por una causa cualquiera, la hoja pierde su facultad de asimilacion.

Sachs supone que los granos de *clorophylla* se destruyen y son reemplazados por pequeñas masas brillantes amarillas.

*Coloracion roja (erythrophylla)*.—Segun Kraus, proviene de una oxidacion más intensa de la sustancia amarilla, debida probablemente á la accion del ácido oxyphénico,—las plantas ácidas se coloran con preferencia de rojo. En general, las plantas de frutos azules ó rojos coloran sus hojas de rojo.—Las hojas de vides que producen uvas blancas, toman un tinte amarillo. Las hojas de los olmos, arces, plátanos, acacias y chopos, no se coloran nunca en rojo, siempre en amarillo.

*Coloracion parda ó rojo-parda*.—Debida á una sustancia colorante particular, es siempre un signo de muerte completa de la hoja: frecuentemente es la coloracion que adquieren las hojas muertas por las heladas. (Muy frecuentemente en el fresno.) Todas las hojas que caen rojas ó amarillas absorben el oxígeno del aire; sus hidrocarburos se descomponen, y producen ácido húmico, úlmico, etcétera, convirtiéndose en pardas.

Segun Kraus, tres sustancias colorantes, unidas en proporciones variables, dan á las hojas de otoño sus diversas coloraciones.

*Coloracion de invierno de las hojas persistentes*.—Las hojas de las coníferas y de los árboles de follaje persistente, en el invierno adquieren un color pardo, especialmente las de las ramas más ex-

puestas á la luz. Kraus ha probado que los granos de *clorophylla* en este caso no se destruyen, sino que sólo se deforman, y en la primavera el color verde reaparece. Las hojas de las ramas abrigadas y no expuestas tan directamente á los frios y heladas, no experimentan esta modificacion pasajera. Para Kraus, la causa del cambio de coloracion, en este caso, es debida únicamente al descenso de temperatura.

Batalin opina de distinto modo: considera como causa de las alteraciones de la *clorophylla*, á la accion directa que los rayos solares ejercen sobre ella. Como se vé, los conocimientos actuales sobre estos hechos fisiológicos dejan mucho que desear; sin embargo, cualquiera que sea la causa inmediata de los cambios de coloracion de las hojas, es evidente que la destruccion ó alteraciones profundas que experimenta la *clorophylla*, indican que la asimilacion cesa en el parénquima y la consecuencia es la muerte del órgano.

*Emigracion de los principios inmediatos de las hojas á las ramas.*—Las alteraciones en la coloracion de las hojas van acompañadas en el otoño, de una pérdida considerable de pesa, debido á la difusion de ciertos principios orgánicos y minerales que de la hoja pasan á las ramas y al tronco del árbol, para formar la reserva alimenticia, destinada á la formacion de las yemas y hojas del año siguiente.

El almidon, la fécula y la glucosa entre los principios inmediatos orgánicos, y la potasa y el ácido fosfórico entre los elementos minerales, abandonan á la hoja ántes de su caída para depositarse en las ramas y tronco del árbol; la cal y la sílice, por el contrario, se acumulan en la hoja.

Todos estos principios, ya orgánicos, ya minerales, son precisamente los elementos fundamentales de los reinos animal y vegetal, resultando de estos fenómenos que las hojas muertas tienen como alimento y como abonos un valor mucho menor que las hojas vivas.

Lo que sucede á las hojas al llegar á la madurez, se verifica también en las maderas. Segun los análisis comparativos hechos en Tharand en 1873, por el Dr. Schroder, en dos ramas del mismo grueso y del mismo árbol, pero que la una estaba viva y la otra muerta, la potasa y el ácido fosfórico existian en mucho ma-

yor cantidad en la rama viva que en la muerta. La misma observación verificada en las cortezas, dió los mismos resultados, pues se vió que las cortezas caducas (*rhytidoma*) eran mucho ménos ricas en estos dos principios minerales que las cortezas vivas.

Del conjunto de todos estos hechos, resulta una ley general que tiene una gran importancia bajo el punto de vista de la economía forestal, y que puede enunciarse diciendo: *Todas las partes ú órganos de los árboles, en las cuales la actividad vital ha desaparecido* (hojas, ramas, tallos, cortezas muertas), *son ménos ricas en potasa y en ácido fosfórico que las vivas, donde estos compuestos químicos* (algunas veces tan poco abundantes en el suelo) *se concentran ántes de que perezcan los órganos.*

Vamos á dar á conocer algunos datos que ponen de manifiesto lo cierto de esta ley.

I.

COMPOSICION DE LAS CENIZAS DE LAS HOJAS DEL ALERCE, ROBLE, ABETO Y HAYA ÁNTES Y DESPUES DE LA ÉPOCA DE LA CAIDA.

EN 100 PARTES.	ALERCE.		ROBLE.		ABETO.		HAYA.	
	Hojas vivas.	Hojas muertas.						
Potasa.....	23,55	4,57	33,14	3,35	44,21	1,86	37,81	5,36
Sosa.....	1,73	1,36	»	0,61	2,90	1,38	2,05	0,33
Cal.....	14,65	21,98	26,09	48,63	10,39	31,74	18,74	30,63
Magnesia.....	8,50	6,91	13,53	3,96	7,00	3,29	6,89	3,04
Oxido de hierro	3,06	2,80	1,18	0,61	5,31	1,59	0,96	2,22
Ac. fosfórico...	23,70	3,74	12,19	8,08	22,22	2,65	23,89	5,90
Ac. sulfúrico...	3,15	1,62	2,71	4,42	3,92	1,16	4,54	1,26
Sílice.....	21,66	57,02	4,41	30,95	4,05	56,33	5,12	51,26

II.

COMPOSICION DE LAS HOJAS DEL PINO (AGUJAS).

EN 100 PARTES.	DE UN AÑO.	DE DOS AÑOS.	MUERTAS.
Potasa.....	40,01	22,00	9,45
Sosa.....	2,72	3,00	1,52
Cal.....	12,07	25,95	28,65
Magnesia.....	8,56	7,79	9,67
Oxido de hierro.....	2,21	2,70	3,56
Oxido de manganeso.....	2,83	5,41	5,39
Acido fosfórico.....	19,06	12,71	3,94
Acido sulfúrico.....	4,14	4,44	6,48
Sílice.....	3,26	5,80	17,93

III

COMPOSICION DE LA CORTEZA (RHYTIDOMAS) DEL ABIES.

EN 100 PARTES.	CORTEZAS caducas.	CORTEZAS internas.
	EN 100 PARTES.	EN 100 PARTES.
Potasa.....	2,71	12,20
Sosa.....	0,38	1,57
Cal.....	35,57	38,18
Magnesia.....	2,32	5,66
Oxido de hierro.....	3,00	1,39
Oxido de manganeso.....	5,35	12,01
Acido fosfórico.....	1,30	1,33
Acido sulfúrico.....	4,95	0,51
Sílice.....	25,87	2,52

Estos análisis confirman la exactitud de la ley que hemos enunciado y demuestran la emigración ó difusión del ácido fosfórico y de la potasa en otoño; la pobreza relativa de estas sustancias en las hojas, ramillas y cortezas secas que caen al suelo, y su riqueza en cal y sílice.

*Causas de la caída de las hojas en otoño.*—La hoja viva se halla, como es sabido, fija sólidamente al árbol, siendo preciso para arrancarla emplear una cierta fuerza. En otoño se forma, según H. de Mohl, un tejido particular muy tierno en la base del peciolo, compuesto de celdillas de paredes delgadas, que se rompen muy fácilmente y ocasionan la caída de las hojas. Las observaciones de Mohl, repetidas por Wiesner, de Viena, en 1871, han puesto de manifiesto, no sólo la disminución notable en la cantidad de agua de las hojas de otoño con respecto á las verdes, sino también la paralización ó disminución de la traspiración de las hojas, paralización que favorece la formación del tejido estudiado por Mohl y que contribuye á la caída de las hojas.

Pero, aparte de esto, es indudable que las causas más positivas de la separación del peciolo de las hojas del ramillo que las sostiene, son las condiciones climatológicas. Las variaciones bruscas de temperatura, una helada temprana y las alteraciones químicas del tejido celular, ocasionan la caída de las hojas.

## II.

### ÉPOCA DE LA CAIDA DE LAS HOJAS.

La duración de la vida de las hojas y la época de su caída no varía solamente con las especies, sino que depende de numerosas causas determinantes, entre ellas: las condiciones climatológicas generales, sobre todo el frío y la humedad del aire en otoño; la altitud, el estado higrométrico, la naturaleza del suelo y la temperatura, la espesura mayor ó menor del monte, la intensidad de los vientos, etc.

A continuación consignamos los datos suministrados por las estaciones de Baviera, relativos á la época de desfoliación de los árboles y á la influencia ejercida por la altitud en este fenómeno en Baviera, Suiza y Austria, porque tal vez pueda servir de modelo para otras análogas en nuestro país.

ESPECIES.	SITIOS de la observacion.	MEDIA de	ÉPOCA DE LA DESFOLIACION COMPLETA DE LOS ÁRBOLES.			POR CADA 100 METROS de altitud, la desfoliación se anticipa á la época normal.
			Lo más pronto.	Lo más tarde.	Media normal (1).	
Fagus sylvatica. (Haya).	Baviera..... Suiza..... Viena.....	4 años. 4 años. 9 años.	6 Octubre... 15 idem..... 5 Noviembre.	21 Noviembre. 18 idem..... 22 idem.....	3 Noviembre. 7 idem..... 13 idem.....	4.—2 dias. 2.—5 idem.
Quercus pedunculata. (Roble).	Baviera..... Suiza..... Viena.....	4 años. 4 años. 9 años.	11 Octubre... 15 idem..... 18 idem.....	29 idem..... 25 idem..... 10 idem.....	8 idem..... 7 idem..... 31 Octubre...	4.—5 idem.
Acer pseudoplatanus. (Arce).	Baviera..... Suiza..... Viena.....	4 años. 4 años. 9 años.	5 idem..... 1 Noviembre. 4 Octubre...	11 idem..... 22 idem..... 21 idem.....	27 idem..... 2 Noviembre. 11 idem.....	4.—1 idem. 2.—1 idem.
Betula alba. (Abedul).	Baviera..... Suiza..... Viena.....	4 años. 4 años. 9 años.	14 idem..... 25 idem..... 14 idem.....	19 idem..... 8 idem..... 18 idem.....	1 idem..... 30 Octubre... 24 idem.....	3.—0 idem. 1.—9 idem. 3.—8 idem.
Fraxinus excelsior. (Fresno).	Baviera..... Suiza..... Viena.....	4 años. 4 años. 9 años.	10 idem..... 17 idem..... 7 idem.....	7 idem..... 3 idem..... 17 idem.....	1 Noviembre. 28 Octubre... 27 idem.....	3.—9 idem. 2.—3 idem.
Alnus glutinosa. (Aliso).	Baviera..... Suiza..... Viena.....	4 años. 4 años. 9 años.	14 idem..... 13 Noviembre. 4 Octubre...	11 idem..... 28 idem..... 5 idem.....	30 idem..... 23 Noviembre. 24 Octubre...	4.—3 idem. 3.—2 idem.
Tilia parvifolia. (Tilío).	Baviera..... Suiza..... Viena.....	4 años. 4 años. 9 años.	12 idem..... 31 idem..... 14 idem.....	21 idem..... 17 idem..... 4 Diciembre.	7 Noviembre. 4 idem..... 11 idem.....	4.—9 idem.

(1) La media normal corresponde á las altitudes siguientes: 350 metros para Baviera, y 450 metros para Suiza, sobre el nivel del mar.

En el clima de Baviera, la desfoliación completa de los árboles tiene lugar para las distintas especies en el orden siguiente: tilo, fresno, arce y aliso, después el abedul, haya, el roble pedunculado y el alerce.

*Duración de las hojas de las coníferas (agujas).*—Es variable de uno á diez años. El alerce es la única especie resinosa que pierde sus hojas anualmente; el abeto *Abies pectinata* (D C) el que las conserva más tiempo (generalmente de siete á nueve años) pues en algunos duran diez y once años.

El *Abies excelsa* (D C) conserva la mayor parte de sus hojas de cuatro á siete años: los pinos de dos á tres años; el de Austria de tres á cuatro y el *Weymouth* dos años escasos.

La caída de las hojas (agujas) de los árboles resinosos se verifica en todas las estaciones, principia generalmente por las ramas jóvenes, por las hojas bajas ó las de más edad; en los árboles viejos tiene lugar sin distinción de edad de las ramas.

### III.

#### PESO DE LAS HOJAS Y AGUJAS QUE CONSTITUYEN LA CUBIERTA DE LOS MONTES.

La importancia de la cubierta depende ante todo de la cantidad de hojas y agujas que caen anualmente, ó en otros términos, del número y de la magnitud de las hojas caducas. El espesor de la cubierta de los montes es variable con las especies, los suelos, los climas, la edad de los árboles, etc. La dimensión superficial de las hojas varía en una misma especie de un modo notable con la altitud, como lo demuestran las cifras obtenidas por Mr. R. Weber en las determinaciones directas hechas en 1873 en el laboratorio de Aschaffembourg. La especie escogida para estas experiencias ha sido el haya, las hojas se han tomado de árboles que vegetaban en condiciones idénticas de suelo; pero en diferentes altitudes:

	ALTURA	SUPERFICIE TOTAL
	sobre el nivel del mar.	de 1.000 hojas en metros cuadrados.
	— Metros.	— Metros.
Aschaffenburg.....	133	3,414
Odenwald.....	237	2,128
Guttenbergerwalde... ..	324	2,112
Idem .....	438	1,822
Buchberg.....	500	1,843
Melibocus (Odenwal).....	514	1,674
Unterhüttenwald.....	685	1,500
Blasslberg .....	700	1,472
Hexenriegel.... ..	1.043	1,083
Tummelplatz .....	1.182	1,351 (1)
Lusengipfel (límite superior del haya).	1.344	0,910

Las figuras 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup>, ponen más de manifiesto aún las diferencias en la magnitud de las hojas, señaladas por Ebermayer.

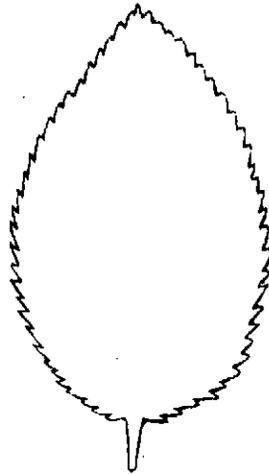


Fig. 1.<sup>a</sup>—Dimensión media de las hojas de haya á 1.350 metros de altitud, límite del haya.

(1) Esta anomalía se explica por el abono excepcional de este rodal, debido á la estancia prolongada del ganado. La cantidad de ácido fosfórico y potasa de estas hojas es tan extraordinaria como su dimensión.

La cubierta de los montes no la constituyen solamente las hojas muertas, sino que tambien la forman los musgos y otras producciones del suelo, cuya importancia varía con los sitios del monte, segun sean más ó ménos aireados, soleados y húmedos. Cuando se priva al suelo de este tapiz de musgo, es necesario que pase algun tiempo para que vuelva á producirse. Segun Eberma-

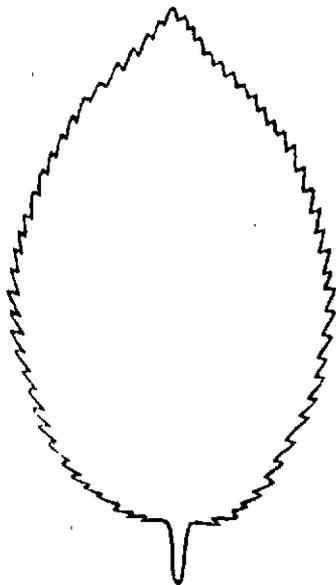


Fig. 2.<sup>a</sup>—Dimension media de las hojas del haya á la altitud de 700 metros.

yer, en las tierras fuertes de Baviera, con exposicion al Norte ó al Este, este tapiz se forma al cabo de cinco ó seis años; en los suelos ligeros, secos y expuestos al Sur, pasan de diez á quince años, ántes que el musgo cubra de nuevo la tierra.

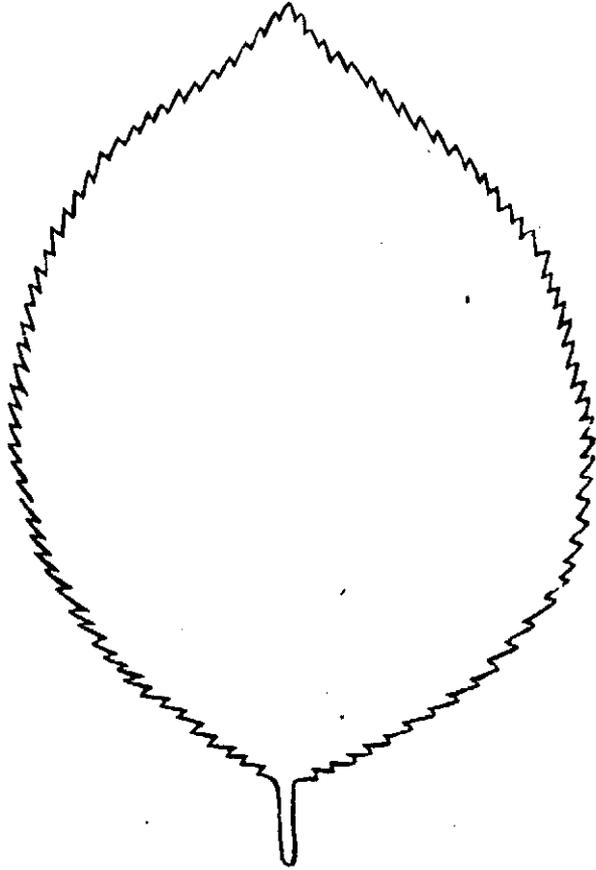
#### RESULTADO DE LAS EXPERIENCIAS SOBRE EL VOLÚMEN DE LA CUBIERTA.

Acabamos de ver que la caída más ó ménos considerable de las hojas y agujas, así como la produccion del musgo en los

montes, dependen de la acción simultánea de distintos factores.

Según esto, la cantidad absoluta de la cubierta en diferentes rodales, debe variar con la especie, el método de beneficio y las localidades, y también en un mismo monte con los años.

No es posible, por lo tanto, dar á conocer los términos medios, sino fundándose en evaluaciones exactas (pesadas), que comprendan condiciones diferentes y repetidas durante bastantes años.



**Fig. 3.<sup>a</sup>**—Dimension media de las hojas del haya á la altitud de 120 metros.

Por espacio de doce años se han hecho en Baviera en 87 estaciones especiales, determinaciones numéricas con este objeto (1).

Los resultados obtenidos hasta el día se consignan en el apéndice del libro de Ebermayer, cuadro 3.º (Véanse las indicaciones generales en el cuadro 1.º)

Ebermayer ha agrupado los resúmenes de todas estas experiencias en dos categorías:

a. Peso de las hojas y agujas que anualmente caen. (Caida y cubierta anual.)

b. Cantidad de cubierta por períodos de tres y seis años.

El cuadro recapitulativo de estas tres series de experiencias importantes es el siguiente:

El peso de las hojas que se expresan en el cuadro son resultado de pesadas directas hechas anualmente, de tres en tres años y de seis en seis en los distintos sitios.

MEDIA GENERAL DEL PESO DE LA CUBIERTA POR HECTÁREA.

NATURALEZA DE LOS RODALES.	Peso anual.	Peso trianual.	Peso cada seis años.
	Kilogramos.	Kilogramos.	Kilogramos.
Hayas de 30 á 60 años.....	4.182	9.693	} 8.460
Hayas de 60 á 90 años.....	4.094	6.177	
Hayas de más de 90 años.....	4.044	8.612	
Abetos de 30 á 60 años.....	3.964	8.290	} 9.390
Abetos de 60 á 90 años.....	3.776	7.170	
Abetos de más de 90 años.....	3.273	7.314	
Pinos de 25 á 50 años.....	3.397	8.004	} 13.729
Pinos de 50 á 75 años.....	3.491	8.729	
Pinos de 75 á 100 años.....	4.229	10.228	

En los montes bien guardados donde no se llevan las hojas, las cantidades en peso por hectárea son mayores aún. Ebermayer da las cifras siguientes:

(1) Para la descripción del procedimiento, léase la instrucción en *Forstliche Mittheilungen*, tomo IV, cuaderno 2.º, Munich 1867. Finsterling.

PESO MEDIO DE LA CUBIERTA POR HECTÁREA.

Montes de haya.....	10.417 kilogramos.
Montes de abetos.....	13.859 —
Montes de pinos.....	18.279 —

Del conjunto de estas cifras resultan hechos muy curiosos. Desde luego suministran datos preciosos desconocidos hasta ahora, acerca de la importancia numérica de la caída de las hojas de tres especies forestales. Se ve que en los montes de haya, al cabo de tres á seis años, el peso de la cubierta es próximamente el doble del que cae anualmente; de donde es fácil deducir que se necesitan cerca de tres años para que el follaje del haya se transforme en humus (puesto que éste no está comprendido en los pesos dados para la cubierta).

En los rodales de noventa años en buen estado, la caída anual de las hojas es casi tan considerable como en los que se acercan á la época de la cortabilidad.

En los montes de haya bien resguardados, el peso de la cubierta es próximamente dos y media veces mayor que el de las hojas que caen anualmente.

En los rodales de abeto, la cubierta trianual pesa 2,2 veces más que la anual, y la de seis años 2,7 más. La putrefacción de las agujas del abeto es casi tan rápida como la de las hojas del haya y, por lo tanto, la cubierta, al cabo de seis años, no deberá ser más que doble que la del año, aunque alcance un peso próximamente triple. La diferencia se explica por la producción simultánea del musgo que no se descompone.

La cubierta anual y trianual de los montes de abetos es menor que la de los de haya, en cinco quintales por hectárea próximamente; y, por la razón que acabamos de exponer, la cubierta de los seis años excede en casi 10 quintales al peso de la del haya para el mismo período. (El quintal 50 kilogramos.)

En los montes de abetos bien resguardados, el peso de la cubierta es igual á cuatro veces próximamente al peso de las agujas que caen anualmente.

Las hojas del pino se descomponen más lentamente que las del

abeto y que las del haya; tardan tres años y medio en transformarse en humus. La cubierta de los montes de pinos alcanza cinco veces más peso que las hojas caídas anualmente.

#### IV.

##### PESO DE LA CUBIERTA COMPLETAMENTE SECA AL AIRE.

Los datos que hasta ahora se tenían del peso y volúmen de las hojas y restos forestales, que forman la cubierta, eran contradictorios, por lo cual creemos de gran interés dar á conocer los resultados numéricos de las experiencias directas de Ebermayer.

Se han obtenido por el procedimiento siguiente: Llenando un vaso de capacidad conocida (un pié cúbico de Baviera) de hojas completamente secas al aire, desprovistas de toda mezcla extraña y fuertemente comprimidas, cuyo peso se ha determinado con toda exactitud.

Estas pesadas hechas con todas las precauciones precisas, han dado los resultados siguientes:

*Haya.*—*a.* Un metro cúbico de hojas de haya completamente secas, pesa inmediatamente despues de la caída y segun las localidades, de 51 á 73 kilogramos, ó sea por término médio 62 kilogramos.

*b.* Un metro cúbico de hojas de haya á medio descomponer, recogidas en primavera ó verano, pesa por término medio 85 kilogramos, y 100 kilogramos cuando la descomposicion está muy adelantada (cubierta de dos ó tres años).

*c.* Como resultado medio de todas las determinaciones, se ha obtenido 77<sup>k</sup>,6 como peso del metro cúbico de hojas que contienen 13 por 100 de agua; y 81<sup>k</sup>,5 para las hojas con 18 por 100 de agua.

El volúmen medio de la cubierta anual de un monte de haya, ó sea 4.106 kilogramos, es de 66 metros cúbicos.

*Abeto.*—Un metro cúbico de agujas de abeto secas y no alteradas con 12 por 100 de agua, pesa de 148 á 156 kilogramos; término medio 152 kilogramos.

Un metro cúbico de agujas medio descompuestas, pesa de 160 á 175 kilogramos; término medio  $163^k,5$  con 12 por 100 de agua; y  $168^k,4$  con 15 por 100 de agua.

Las pesadas hechas en el monte han dado como término medio general un peso de  $137^k,6$  para el metro cúbico de agujas de abeto secas, con su mezcla natural de musgo.

*Pino.*—A volúmen igual, las hojas del pino son un tercio más ligeras que las del abeto. Un metro cúbico pesa de 96 á 106 kilogramos, término medio 101 kilogramos. Medio descompuestas pesan término medio 121 kilogramos por metro (de 113 á 124). La media general de todos los ensayos, ha dado  $113^k,9$  con 11 por 100 de agua, y  $117^k,3$  con 14 por 100 de agua.

La cubierta de los pinares está formada de las hojas, del musgo y de los brezos, mezcladas con arena, lo que hace que el peso sea mayor del que correspondería á las hojas solas; así es que ha dado un peso de  $161^k,8$  por metro cúbico.

*Musgo.* El musgo, que forma con frecuencia parte integrante de la cubierta, ha sido objeto también de determinaciones directas, sin mezcla; su peso ha resultado ser término medio de 88 kilogramos por metro cúbico (77 á 100 kilogramos). Un metro cúbico de musgo mezclado de humus puede pesar hasta 126 kilogramos. El término medio general para el peso del metro de cubierta de musgo puro es de  $99^k,11$  con una cantidad media de agua de 15 por 100, y  $104^k$  con 30 por 100 de agua.

El musgo puro pesa de consiguiente un tercio menos á volúmenes iguales que las hojas de abeto y tanto como las del pino. Según los ensayos de Ebermayer:

Un metro cúbico de helechos pesa 59 kilogramos.

Un metro cúbico de brezos con ramillas  $60^k,3$ .

Un metro cúbico de paja de centeno, 58 á 77 kilogramos; término medio 70 kilogramos.

Vamos ahora á examinar la composición química de la cubierta de los montes de haya, abetos y pinos.

V.

PRINCIPIOS CONSTITUTIVOS DE LA CUBIERTA DE LOS MONTES.

Para poder formarse una idea exacta de las descomposiciones que experimenta la cubierta de los montes para trasformarse en humus; para apreciar el valor químico de la cubierta, su importancia para la nutrición de las plantas y crecimiento de los árboles, es necesario conocer, ante todo, la composición de los detritus forestales, constituidas, como todas las sustancias vegetales, por materias combustibles ó orgánicas y por elementos minerales, incombustibles (cenizas).

1.—*Cantidad de agua de la cubierta.*

Las hojas tiernas y las agujas, en primavera, son más ricas en agua que en los otros períodos de la vegetación (en Mayo contienen 60 á 78 por 100 de agua). La cantidad desciende desde esta época y permanece constante desde Junio hasta el fin del período de la vegetación (oscilando entre 50 y 60 por 100). Las hojas y agujas que se caen naturalmente contienen 30 á 50 por 100 de agua, perdiendo rápidamente una parte y no reteniendo sino de 20 á 30 por 100 de humedad; y cuando se secan completamente al aire, no tienen más que de 15 á 20 por 100 de agua higroscópica. Colocadas las hojas en una superficie seca, en sitio cálido y aireado, pierden más agua, quedando con la cantidad invariable de 10 á 14 por 100.

Después de secas completamente al aire, Ebermayer ha encontrado las cifras siguientes:

NATURALEZA DE LA CUBIERTA.	AGUA POR 100.			Número de análisis.
	Mínimo.	Máximo.	Medio.	
Follaje de haya.....	11.32	16.88	14.00	74
» de roble.....	12.23	13.37	12.92	3
» de abeto (A. escelsa) ...	10.40	15.10	12.58	83
» de pinabete (A. pectinata)	11.53	15.15	12.84	25
» pino.....	10.75	16.17	11.93	45
» alerce... ..	13.65	13.83	13.74	2
Musgo del monte.....	12.10	15.25	14.13	15
Analysis de Hoffmann.....	12.60	18.83	15.70	9

El grado de humedad influye á la vez en el peso y volúmen de la cubierta, determinándose mejor cuando está húmeda que cuando está seca.

Segun los ensayos de Ebermayer, la cubierta de haya completamente húmeda y mojada (despues de una lluvia), aumenta en un 10 por 100 su volúmen en la desecacion. Un metro cúbico, que mojado pesa 313 kilogramos, seco al aire no pesa más que 102 kilógramos.

Las hojas del abeto no aumentan de volúmen por la desecacion. Las del pino y, el musgo aumentan 5 por 100.

## 2.—Principios combustibles de la cubierta.

Segun las numerosas análisis citadas por Ebermayer, 100 partes en péso de cubierta contienen las cantidades siguientes de sustancias orgánicas (combustibles):

NATURALEZA DE LA CUBIERTA.	POR 100.			Número de análisis.
	Mínimo.	Máximo.	Medio.	
Follaje de haya .....	76 á 77	81 á 82	78 á 80	75
» de roble.....	81	82	82	3
» de abeto (A. escelsa)....	79 á 80	85 á 86	82 á 83	82
» de pinabete (A. pectinata)	78 á 70	85 á 86	81 á 82	25
» de pino.....	82	87 á 88	85 á 86	45
» de alerce .....	»	»	82	2
Musgos diversos.....	78	85	81 á 82	15
Segun Hoffmann .....	78	84	81	9

Estas sustancias orgánicas experimentan descomposiciones sucesivas para trasformarse en humus.

3.—*Cantidad total de sustancia orgánica en los montes por hectárea y por año.*

Los datos de estos cálculos son los siguientes:

La producción anual en *sustancia seca*, en diferentes rodales, se ha evaluado por el crecimiento anual de los productos principales y de las claras, añadiendo la cantidad de cubierta (hojas) producida anualmente.

El crecimiento anual de los árboles se ha obtenido por medio de experiencias verificadas en los rodales por los ingenieros encargados de los montes. La caída de las hojas anuales, se ha estimado por numerosas pesadas, efectuadas en los mismos rodales durante una serie de años.

Diez y nueve cuadros (apéndice de la obra) dan á conocer todos los detalles de la determinación del crecimiento anual. Estos cuadros dan para cada experiencia los datos siguientes:

**Situacion general del rodal.**

- 1.° Localidad forestal.
- 2.° Altitud.
- 3.° Exposicion.
- 4.° Inclinacion (pendiente).
- 5.° Nombre del rodal.
- 6.° Orientacion.

**Descripcion del suelo.**

- 7.° Origen geológico del suelo.
- 8.° Designacion con arreglo á la especie mineralógica.
- 9.° Naturaleza y vegetacion de la superficie.
10. Profundidad á que penetran las raíces, espesor del humus.
11. Grado de humedad.
12. Consistencia del suelo.
13. Profundidad y naturaleza del subsuelo.

**Naturaleza del rodal.**

14. Naturaleza de las especies y proporciones de su mezcla.
15. Edad media del rodal.
16. Produccion por hectárea en madera del rodal.
17. Crecimiento medio anual (no comprendiendo las claras).

El crecimiento medio anual (tronco y ramas reunidos) es el siguiente, segun los datos dados en las diez y nueve tablas:

**I.—CRECIMIENTO ANUAL PARA LOS RODALES DE HAYA.**

**a.—Rodaes de 30 á 60 años.**

DISTRITO DE	Metros cúbicos por hectárea.
Rothenbuch .....	5.15
Waldaschaff .....	2.86
Wiesen .....	4.76
Binsfeld .....	4.60
Hain XII, 5 .....	3.29
Schernfeld .....	6.09
Lohrerstrasse .....	3.85

DISTRITO DE	Metros cúbicos por hectárea.
Hochberg.....	4.00
Gefall.....	7.60
Rohrbrunn.....	4.50
Rupperstshütten.....	6.08
<i>Término medio general</i> .....	4.80

b.—Rodales de 60 á 90 años.

DISTRITO DE	Metros cúbicos por hectárea.
Hundelshausen.....	2.96
Rothenbuch.....	5.54
Merzalben.....	4.57
Merzalben (sobre basalto).....	3.72
Merzalben (con mezcla de roble).....	2.75
Hain.....	2.22
Stiftswald.....	3.95
<i>Término medio general</i> .....	3.67

c.—Rodales de 90 á 120 años.

DISTRITO DE	Metros cúbicos por hectárea.
Hundelshausen.....	4.55
Waldaschaff.....	3.99
Breitenfurth.....	3.55
Kipfenberg.....	2.98
Hain.....	3.15
Waldleiningen.....	4.80
Rothenbuch.....	4.18
<i>Término medio general</i> .....	3.89

II.—CRECIMIENTO ANUAL DE LOS RODALES DE ABETO.

a.—Rodales de 30 á 60 años.

DISTRITO DE	Metros cúbicos por hectárea.
Bischofswies.....	4.59
Krün.....	2.26
Altenbuch.....	5.92
Effelter.....	7.27
Bayersried.....	8.00
Partenkirchen.....	5.02
Golderonach.....	3.87
Walcheusee.....	9.96
Wallenfels.....	9.45
Bischofgrün.....	7.60
Marquartstein.....	8.96
Tussenhausen.....	7.56
<i>Término medio general.....</i>	<i>6.71</i>

b.—Rodales de 60 á 90 años.

DISTRITO DE	Metros cúbicos por hectárea.
Schliersee.....	6.75
Riss.....	9.57
Konigssee.....	9.09
Saalachthal.....	8.20
Bayersried.....	6.53
Ottobeuren.....	6.04
Kirchdorf.....	7.51
Lauenhain.....	4.57
Bischofgrün.....	6.69
<i>Término medio general.....</i>	<i>7.28</i>

c.—Rodaless de 90 á 120 años.

DISTRITO DE	Metros cúbicos por hectárea.
Bayersried VI, 3 .....	6.86
Valepp .....	4.95
Rothenkirchen .....	5.90
Ramsan .....	6.86
Oberammergan .....	6.34
Ottobeuren .....	7.76
Schellenberg .....	6.27
Lauenbain .....	3.45
Jachenan .....	6.97
Geroldsgrün.....	5.53
<i>Término medio general.....</i>	<i>6.07</i>

III.—CRECIMIENTO ANUAL DE LOS RODALES DE PINOS

a.—Rodaless de 25 á 50 años.

DISTRITO DE	Metros cúbicos por hectárea.
Waldaschaff.....	5.84
Grafenwohr I.....	4.60
Bodenwohr .....	3.00
Lichtenhof.....	2.49
Hannesreuth.....	2.62
Erlenbach .....	5.42
Brunnau.....	6.00
Pyrbaum .....	4.81
Brunnau.....	4.17
Bodenwohr II.....	2.21
<i>Término medio general.....</i>	<i>4.12</i>

b.—Rodales de 50 á 75 años.

DISTRITO DE	Metros cúbicos por hectárea.
Iggelbach .....	7.39
Feucht .....	5.63
Pyrbaum .....	5.48
Erlenbach .....	6.36
Grafenwohr III .....	4.48
Allersberg .....	5.17
<i>Término medio general</i> .....	<u>5.75</u>

c.—Rodales de 75 á 100 años.

DISTRITO DE	Metros cúbicos por hectárea.
Elmsheim .....	5.71
Nitthenau .....	2.55
Pyrbaum .....	4.68
Erlenbach .....	5.28
Waldleiningen .....	3.48
<i>Término medio general</i> .....	<u>4.34</u>

Los tocones y raíces afectos á los productos principales y que no se han comprendido en las evaluaciones anteriores, se han estimado del modo siguiente:

Para los rodales de 30 á 60 años, el 5 por 100.

Para los rodales de 60 á 90 años, el 10 por 100.

Para los rodales de 90 á 120 años, el 15 por 100 de la masa de madera cortada.

El producto de las claras y limpias se ha evaluado:

Para los rodales de 30 á 60 años, el 10 por 100.

Para los rodales de 60 á 90 años, el 25 por 100.

Para los rodales de 90 á 120 años, el 35 por 100 del producto principal.

Para pasar del volúmen del crecimiento anual al peso de la madera, se ha tomado, para peso específico de las maderas secas al aire libre, las siguientes cifras:

Para el haya .....	0.70
Para el abeto .....	0.45
Para el pino.....	0.60

Y para obtener la masa del peso anhidro, se resta el 15 por 100 (peso del agua higroscópica).

Segun esto:

Un metro cúbico de haya (anhidro) pesa.....	595	kilógramos.
» de abeto.....	382	»
» de pino .....	510	»

Segun estos datos, la produccion anual de los montes en *sustancia seca* alcanza, término medio, los pesos y volúmenes siguientes:

**PRODUCCION MEDIA ANUAL POR HECTÁREA.**

EDAD DE LOS ÁBOLES.	PRODUCTO principal.	TOCONES y raices.	CLARAS y limpias.	SUMA de los volúmenes.	PESO DE LOS PRODUCTOS.			SUSTANCIAS ORGÁNICAS DEDUCIDAS DE LAS CENIZAS.		
					Madera.	Hojas.	Cantidad de sustancia seca que producen.	Maderas.	Hojas.	Suma.
	Met. cúbos.	Met. cúbos.	Met. cúbos.	Met. cúbos.	Kilogs.	Kilogs.	Kilogs.	Kilogs.	Kilogs.	Kilogs.
<b>I.—RODALES DE HAYA.</b>										
De 30 á 60 años...	4.80	0.24	0.48	5.52	3284	3365	6649	3251	3176	6427
De 60 á 90 id.....	3.67	0.37	0.55	4.59	2731	3368	6099	2704	3179	5883
De 90 á 120 id.....	3.89	0.58	1.37	5.84	3474	3270	6744	3439	3087	6526
Términos medios..	»	»	»	5.32	3163	3331	6497	3131	3147	6278
<b>II.—RODALES DE ABETO.</b>										
De 30 á 60 años...	6.71	0.33	1.01	8.05	3075	3369	6444	3044	3217	6261
De 60 á 90 id.....	7.28	0.73	1.82	9.83	3749	2869	6618	3712	2740	6452
De 90 á 120 id.....	6.07	0.91	2.13	9.11	3480	2783	6263	3445	2658	6103
Términos medios..	»	»	»	8.99	3435	3007	6442	3400	2872	6272
<b>III.—RODALES DE PINO.</b>										
De 25 á 50 años...	4.12	0.21	0.41	4.74	2417	2921	5338	2393	2878	5271
De 50 á 75 id.....	5.75	0.58	1.44	7.77	3065	3002	6065	3923	2958	6881
De 75 á 100 id....	4.34	0.65	1.52	6.51	3320	3636	6956	3287	3578	6865
Términos medios..	»	»	»	6.34	3233	3186	6420	3201	3138	6339

Por sustancia orgánica (deducidas las cenizas) debe entenderse el peso total, disminuido de las *cenizas puras*, es decir, desprovisto de ácido carbónico, de arena y carbon. Ebermayer admite, por término medio, para las diferentes clases de maderas, 1 por 100 de cenizas. El tronco es más pobre que las ramas, y no contiene más que 0,5 por 100. Para la cubierta, Ebermayer adopta los términos medios siguientes, deducidos de numerosísimas análisis:

Para las hojas de haya .....	5.60	por 100 de cenizas.
Para las de abeto.....	4.50	id.
Para las de pino.....	1.46	id.

Las cifras de las tablas precedentes sobre la producción anual provienen de millares de experiencias (pesadas y estimaciones), y verdaderamente llama la atención la perfecta concordancia de los términos medios generales, pudiéndose considerar estos últimos como la expresión real de los hechos.

Según éstos, una hectárea produce por año, término medio general, las cantidades siguientes de sustancia orgánica:

Rodal de hayas.....	6.278	kilógramos.
Rodal de abetos .....	6.272	id.
Rodal de pinos .....	6.339	id.

Resulta de la comparación de estos números que por término medio general una hectárea de monte produce anualmente la misma cantidad de *sustancia orgánica*, cualquiera que sea la naturaleza de las *especies*.

De esta masa de sustancia orgánica producida, la mitad próximamente constituye la madera y se exporta con ella; la otra mitad cae anualmente al suelo (hojas, agujas, ramillas, frutos, semillas) y forma la cubierta.

De las cifras expuestas anteriormente, resulta que la cantidad de materia orgánica producida anualmente por los montes y que cae al suelo formando la cubierta, asciende término medio:

En los rodales de haya á .....	50.0	por 100
En los rodales de abetos á.....	45.7	»
En los rodales de pinos á .....	49.5	»

de la masa orgánica producida.

En las edades, donde el crecimiento anual alcanza su *máximo*, la cantidad de sustancia orgánica que forma la cubierta se aminora como es consiguiente. El cálculo de estas relaciones da los resultados siguientes:

RODALES DE			
	Hayas.	Abetos.	Pinos.
	<u>Por 100.</u>	<u>Por 100.</u>	<u>Por 100.</u>
Arboles de edad media.....	49.4	51.3	54.6
Próximos á la cortabilidad.....	54.0	42.5	43.0
Llegados al turno.....	47.3	43.5	52.1

Si se quitase de los montes la cubierta recién caída, se los privaría de tanta materia orgánica como se forma por el crecimiento anual de los árboles.

4.—*Principios inmediatos orgánicos de la cubierta.*

En dos grandes grupos se pueden clasificar los principios inmediatos de los productos forestales que forman la cubierta: 1.º *Principios no nitrogenados.* 2.º *Principios nitrogenados.*

Los primeros, constituidos por el carbono, hidrógeno y oxígeno, son la celulosa ó tejido leñoso, las sustancias grasas y los compuestos que generalmente se designan con el nombre de sustancias *extractivas*, como son la *fécula*, la *goma*, el *azúcar*, el *tanino*, los *principios amargos*, *resinas*, etc.

5.—*Principios no nitrogenados de la cubierta.*

a. *El leñoso.*—Formado por una mezcla de celulosa y de lignina, es la sustancia que constituye las paredes de todas las celdillas vegetales-leñosas ó lignificadas, siendo el elemento principal de la producción del humus.

Las paredes de las celdillas de las yemas y de las hojas tiernas están formadas casi exclusivamente por la celulosa pura y agua: conforme van envejeciendo las celdillas, se lignifican cantidades cada vez mayores de sustancia mineral, principalmente cal y síli-

ce, penetran en el tejido celular y se depositan por incrustacion. Las maderas secas contienen, por término medio, cerca de 50 por 100 de su peso de lignina.

Los tejidos vegetales leñosos son ménos digestibles que el follaje, y poseen, por consiguiente, haciendo abstraccion de la cantidad de nitrógeno, un valor nutritivo menor.

La cantidad de lignina de las hojas aumenta con la edad y varía de 7 á 28 por 100, segun la estacion. Las hojas completamente secas contienen, segun las especies á que pertenecen, de 14 á 24 por 100 de celulosa en bruto en verano y de 25 á 30 por 100 en otoño.

b. *Sustancias grasas.*—Las hojas de los árboles, como todos los tejidos vegetales, contienen cantidades de sustancias grasas que varían con la edad de 2 á 6 por 100 del peso de la sustancia seca. Por término medio se puede admitir que los principios no nitrogenados entran en la relacion de 50 por 100 en la constitucion del follaje.

#### 6.—*Principios nitrogenados de la cubierta.*

Las sustancias nitrogenadas (proteína, albúmina, etc.), entran casi constantemente en todos los tejidos vegetales. Las semillas contienen cantidades mayores que los demás órganos de las plantas; pero la materia proteica no falta en las otras partes de los vegetales. Como elementos de la cubierta de los montes, los principios albuminoides ejercen una accion principal por su fácil descomposicion.

Estas sustancias, en efecto, se trasforman y se pudren con mayor rapidez que los compuestos orgánicos que no contienen nitrógeno. Su destruccion origina la produccion de amoniaco y de nitratos, alimentos de gran importancia para las plantas.

La cantidad de principios albuminoides de las hojas disminuye conforme éstas envejecen, como lo prueban los siguientes análisis.

MESES.	Hojas de roble.	Hojas de haya.	Hojas de alerce.
Mayo.....	25.9	28.2	28.7
Junio.....	14.6	18.9	12.2
Julio.....	14.0	18.3	10.7
Agosto.....	9.9	17.8	6.9
Setiembre.....	7.0	14.3	6.1
Octubre.....	6.6	12.0	5.5
Noviembre.....	»	7.8	»

Las hojas verdes de distintas especies forestales, recogidas en las mismas épocas, contienen proporciones distintas de sustancias albuminoides, como lo demuestran las análisis efectuadas en el laboratorio de Tharand con hojas de las siguientes especies, recogidas en estado verde y completamente secas, ántes de las análisis.

Sustancia protéica por 100.

Aliso blanco ( <i>Alnus incana</i> ) (Willd.).....	17.76
Tilo de hojas pequeñas ( <i>Tilia parvifolia</i> ) (Borkh).....	14.86
Arce de montaña ( <i>Acer pseudo-platanus</i> ) (Lin.).....	14.86
Avellano ( <i>Corylus avellana</i> ) (Willd.).....	14.50
Roble ( <i>Quercus pedunculata</i> ) (Lam.).....	14.36
Tilo de Holanda ( <i>Tilia grandifolia</i> ) (Borkh.).....	13.86
Acacia ( <i>Robinia pseudo-acacia</i> ) (Lin.).....	12.44
Sauce ( <i>Salix pentendra</i> ) (Lin.).....	12.34
Olmo ( <i>Ulmus campestris</i> ) (Lin.).....	11.71
Serbal ( <i>Sorbus aucuparia</i> ) (Lin.).....	11.34
Fresno ( <i>Fraxinus excelsior</i> ) (Lin.).....	11.21
Abedul ( <i>Betula alba</i> ) (Lin.).....	10.96
Haya ( <i>Fagus sylvatica</i> ) (Lin.).....	10.64
Chopo temblon ( <i>Populus tremula</i> ) (Lin.).....	10.08
Aliso negro ( <i>Alnus glutinosa</i> ) (Borkh.).....	9.13
Carpe ( <i>Carpinus betulus</i> ) (Lin.).....	7.81

El término medio general de la cantidad de sustancias protéicas del follaje verde desecado resulta ser de 12.36 por 100.

El heno de trébol contiene por término medio 13 á 15 por 100; el heno bueno de prado 10.4; el de calidad media 8.2; el de los Alpes 12.21; resultando de esto que el follaje de los árboles contiene tantos elementos nutritivos (para los ganados) como el buen heno de los prados y más que el mediano.

Un quintal de follaje verde equivale, por lo tanto, á un quintal de heno.

Las hojas y las agujas muertas son más pobres de sustancias nitrogenadas que los mismos órganos vivos; segun los experimentos de Krutzsch, 100 partes de hojas muertas, completamente secas, de distintas especies, contienen las proporciones siguientes de sustancias proteicas:

Hojas de haya de.....	5 á 7.81	de sustancia nitrogenada.
» de roble.....	6.62	» »
» de abeto.....	8.43	» »
» de pino.....	11.81	» »
» de alerce.....	5.50	» »
Ramas de abeto.....	3.56	» »
Conos de pinos.....	2.31	» »

La cantidad de sustancia nitrogenada de musgo, varía, segun Hoffmann, de 5.25 á 8.94 por 100. El musgo de monte, seco al aire, contiene, término medio, 7.37 por 100 de sustancia proteica; es por lo tanto más rico en nitrógeno que las hojas caídas de los árboles. Comparado, bajo el punto de vista de la cantidad de nitrógeno, con las distintas clases de pajas, el musgo de monte es dos veces más rico próximamente que la paja, pues estas no contienen por término medio más que 3.6 por 100 de sustancia nitrogenada. El serrín mismo es más rico en materias nitrogenadas que las pajas: los chopos 4.43 por 100; abetos 3.31; pinos 4.49. En general las distintas especies contienen de 3 á 5 por 100 de sustancias nitrogenadas. Cuanto más pequeño es el diametro de los árboles, tanto más ricos son en sustancias nitrogenadas. (Karsten y Schroeder.)

## VI.

### COMPOSICION ELEMENTAL DE LOS PRODUCTOS FORESTALES.

El elemento característico de todas las sustancias orgánicas, es el carbono que constituye la mayor parte de la materia seca de los tejidos vegetales. Todas las plantas fanerógamas y criptógamas (exceptuando los hongos, cuya composición no está del todo conocida) están constituidas del modo siguiente:

Carbono.....	45.0	por 100.
Oxígeno.....	42.0	»
Hidrógeno.....	6.5	»
Nitrógeno.....	1.5	»
Cenizas.....	5.0	»
<hr/>		
TOTAL.....	100.0	»

En los distintos órganos, la cantidad de carbono no difiere más que un 3 por 100 de las cifras anteriores; el hidrógeno rara vez varía del 2 por 100; en cuanto al nitrógeno, puede variar desde algunas milésimas hasta 4.5 por 100 (semillas de plantas forrajeras).

La cubierta de los montes presenta la misma composición media que se acaba de indicar, salvo que el nitrógeno no entra más que en la cantidad de 1.18 á 1.25 por 100 en lugar de 1.5; respecto de las cenizas, más adelante nos ocuparemos de ellas.

La madera de las especies forestales es más rica en carbono que las hojas y agujas y contiene de 48 á 50 de carbono, 43 á 44 de oxígeno, 6.07 á 6.86 de hidrógeno y 0.5 á 0.8 de nitrógeno; raras veces contiene más de 1 por 100 de nitrógeno. Estas cifras se refieren á maderas secas á una temperatura de 100 grados.

Los árboles resinosos contienen 1 á 2 por 100 de carbono más que los de hojas planas.

VII.

CANTIDADES DE CARBONO ASIMILADAS ANUALMENTE POR LOS MONTES.

Para determinar la cantidad de carbono que se fija por hectárea de monte, Ebermayer procede del modo siguiente:

Partiendo de las cifras anteriores, admite para la cantidad media de carbono en las maderas y en la cubierta, las cifras adjuntas:

Madera de haya seca.....	50	por 100
Idem de abeto.....	52	»
Idem de pino.....	52	»
Cubierta de haya.....	48	»
Idem de abeto.....	45	»
Idem de pino.....	45	»

La cantidad de carbono fijada por año y por hectárea es, por lo tanto:

	RODALES DE		
	Haya.	Abeto.	Pino.
En la madera.....	1.586	1.790	1.664
En la cubierta.....	1.416	1.292	1.410
Carbono total.....	3.002	3.082	3.074

El término medio es de 3.040 kilogramos por hectárea y por año.

Este carbono proviene exclusivamente de la descomposición del ácido carbónico (formado de seis partes en peso de carbono para 22 de ácido carbónico), por lo cual un rodal de una hectárea se apodera anualmente del carbono de 11.150 kilogramos,

ó sean 5.660 metros cúbicos de ácido carbónico (á 0 grados y 760 milímetros).

Este despojo se hace, si no exclusivamente, por lo ménos en casi su totalidad de la atmósfera, por las hojas.

El aire contiene, por término medio, cuatro litros de ácido carbónico en cada 10.000 litros; para asimilarse la cantidad de carbono necesaria por hectárea (3.040 kilogramos), las hojas necesitan estar en contacto con algo más de 14 millones de metros cúbicos de aire (suponiendo que éstas le toman todo su ácido carbónico), es decir, con una capa de aire de 10 metros de altura, que deberá renovarse catorce veces durante el período de la vegetacion. Limitémonos, por ahora, á dar á conocer los cálculos de Ebermayer.

Cada hombre adulto produce, término medio, en veinticuatro horas, 0<sup>k</sup>.800 de ácido carbónico que pasan al aire por la respiracion; para suministrar la cantidad de ácido carbónico necesaria á la produccion forestal anual de una hectárea, es preciso que este hombre respire por espacio de 38 años. En otros términos, 38 individuos expiran anualmente el volúmen de ácido carbónico correspondiente á la cantidad de carbono necesaria á una hectárea de monte.

Baviera posee 2.547.000 hectáreas de monte; se necesita, por lo tanto, el producto de la respiracion de 98 millones de hombres (dos y media veces la poblacion de Alemania) para suministrar el carbono de los montes de Baviera. Pero las causas de produccion del ácido carbónico son numerosas. Las combustiones de todos géneros lo producen. Ebermayer lo valúa, partiendo de los datos de Heidem, que segun él, pueden considerarse como mínimos, de la manera siguiente:

	QUINTALES.
Respiracion de los seres vivos produce.	8.790.000
Combustiones.....	35.858.000
Putrefaccion y otras descomposiciones.	820.000.000
<b>TOTAL.....</b>	<b>864.648.000</b>

Como puede verse fácilmente, la cantidad de ácido carbónico producido es muy superior á la que necesitan todos los vegetales del mundo.

Los detritus de los árboles suministran por sí sólos gran cantidad de ácido carbónico, por medio de las descomposiciones que se verifican en el suelo de los montes. Ebermayer admite que los montes producen anualmente por este medio y por hectáreas, 4.800 á 5.200 kilogramos, ó sean 2.440 á 2.650 metros cúbicos de ácido carbónico, de los cuales una parte es asimilada directamente por las hojas, y la otra vuelve á la atmósfera por las lluvias. Más adelante nos ocuparemos de nuevo de estos cálculos, al examinar la cantidad de amoniaco que los montes toman de la atmósfera.

## VIII.

### ELEMENTOS MINERALES DE LA CUBIERTA.

#### 1.—Cantidad de materias minerales extraídas del suelo por la producción anual de los árboles de una hectárea.

*Distribucion de los elementos minerales en los diversos órganos del árbol.*—Como todos los vegetales, los árboles dejan, despues de su combustion, un residuo (cenizas) formado por los principios minerales fijos, que han adquirido durante su vida del suelo. Determinar la naturaleza y cantidad de estos principios, es de la mayor importancia, para poder determinar las necesidades y exigencias que las diferentes especies forestales tienen de las sustancias minerales, y poder conocer el empobrecimiento anual del suelo forestal en potasa, cal, ácido fosfórico, etc.

Ebermayer estudia tan importante cuestion de un modo completísimo, dedicando á los datos y á su discusion la mayor parte de su notable obra sobre la estática de los montes. Condensaremos cuanto nos sea posible los resultados más importantes de esta parte de su obra, y creemos conveniente advertir que el que desee conocer todos los detalles, debe acudir al original.

Los principios minerales, que pueden designarse con el nombre de cenizas, se encuentran muy desigualmente repartidos en el ár-

bol. Atendiendo á la riqueza absoluta en cenizas, pueden clasificarse los diversos órganos del modo siguiente: hojas y agujas partes más ricas en cenizas de todo el vegetal): siguen la corteza, las ramillas, ramas y por último el tronco propiamente dicho. La cantidad de cenizas aumenta á medida que los órganos se alejan de la raíz, y en esta, están en cantidad mínima; la copa del árbol es más rica que la base del árbol y que su medio: las partes exteriores del tronco ó tallo son así mismo más ricas en cenizas que las partes centrales; en una palabra, las materias minerales parecen dirigirse desde el suelo que las suministra, hácia los órganos más separados del centro del árbol, tanto en altura como en anchura. El durámen es de todas las partes del árbol la más pobre en principios incombustibles. Para que el árbol se desarrolle normalmente y alcance grandes dimensiones, es preciso que encuentre en el suelo una cantidad bastante notable de sustancias minerales asimilables; á pesar de lo cual es mucho ménos exigente, bajo este punto de vista, que la mayor parte de nuestros vegetales agrícolas.

Consideremos análogamente, á lo que hemos hecho con la sustancia orgánica, la cantidad de principios minerales de la cubierta y de la madera aprovechable.

El siguiente cuadro dá una idea general de la riqueza en cenizas de la cubierta:

CANTIDAD POR 100 DE CENIZAS DE LA CUBIERTA COMPLETAMENTE SECA.

Naturaleza de la cubierta.	Mínima.	Máxima.	Término medio de todos los trozos.	Número de análisis.
Follaje de haya.....	4.03	9.91	5.57	21
Id. de abeto.....	3.23	10.19	4.52	18
Id. de pino.....	1.07	2.00	1.46	11
Ramas de pinos muertos..	»	»	1.19	1
Agujas de pinabete.....	1.99	5.27	3.78	5
Idem de alerce... ..	»	»	4.00	1
Id. de alerce en Octubre..	2.49	6.02	3.52	3
Follaje de roble.....	»	»	4.39	1
Musgo de monte.....	2.32	3.92	3.09	3
Segun Wolff.....	1.30	3.71	2.56	7
Segun Offmann.....	1.37	6.30	3.38	9
Cenomyce rangiferina....	0.62	1.28	0.97	4

**Diversas cubiertas, según Wolff.**

Naturaleza de la cubierta.	Minima.	Máxima.	Término medio de todos los trozos.	Número de análisis.
Brezo ( <i>calluna vulgaris</i> )...	0.84	3.32	2.08	11
Helechos.....	5.13	7.94	6.76	8
Juncos.....	3.37	7.12	5.59	5
Arundo fragmites.....	2.37	4.84	4.10	4
Spartium scoparium.....	»	»	1.81	1
Hierbas ácidas.....	3.40	13.70	7.11	8

**Diversas clases de pajas.**

Paja de trigo (verano)....	4.46	7.00	5.37	18
Id. id. (invierno).....	2.99	6.09	4.45	7
Id. de centeno.....	3.15	5.86	4.79	10
Id. de cebada.....	2.97	6.80	4.80	21
Id. de avena.....	3.38	5.20	4.70	9

*Influencia de la altitud en la cantidad de cenizas.*—Estos números pueden dar indicaciones generales, pero no absolutas, pues si bien la cantidad de cenizas de las hojas depende de ellas, existen también otras causas diversas que pueden modificarla. Ebermayer da á conocer cifras en extremo interesantes.

Conforme ascienden los vegetales sobre el nivel del mar, la cantidad por 100 de cenizas de las hojas disminuye para cada especie, dadas iguales condiciones, de un modo notable, como puede verse por los siguientes análisis de las hojas de haya, abeto y alerce, recogidas en distintas altitudes, secadas é incineradas.

HAYA.		ABETO.		ALERCE.	
Altitud. — Metros.	Cantidad por 100 de cenizas.	Altitud. — Metros.	Cantidad por 100 de cenizas.	Altitud. — Metros.	Cantidad por 100 de cenizas.
1.334	} 3.94	1.110	3.58	1.068	2.49
685		915	5.43	880	2.77
324		730	6.25	476	2.57
237		130	10.19	171	6.02

El mismo hecho se ha manifestado en las praderas; la hierba de los terrenos elevados deja 2.91 por 100 de cenizas solamente, mientras que la de praderas bajas contiene por término medio 6.02 de resíduo incombustible. Resulta de estos datos que en dos montes de altitudes distintas, las plantas toman del suelo cantidades de sustancias que pueden variar en un doble.

*Cantidad de cenizas de las maderas.*—La madera es generalmente muy pobre en cenizas: la cantidad varía de 0.40 en la albura del tronco á 2.40 por 100 en las ramillas (1).

Ebermayer adopta las cifras medias siguientes para las tres especies principales que vamos comparando:

	Haya.	Abeto.	Pino.
	Por 100.	Por 100.	Por 100.
Leña de raja con corteza.....	0.66	0.49	0.43
Leña redonda con corteza (ramas)	1.34	0.79	0.44
Haces (ramillas).....	2.40	2.01	1.24

Para calcular, segun estos datos, la cantidad total de sustancias minerales que por año y por hectárea toman del suelo las distintas especies que hemos considerado, Ebermayer establece las bases siguientes:

Rodales de haya de 120 años:

Produccion anual.... 5<sup>mc.</sup>32 = 3.163 kilogramos.

Rodales de abeto de 120 años:

Produccion anual.... 8<sup>mc.</sup>99 = 3.435 kilogramos.

Rodales de pinos de 120 años:

Produccion anual.... 6<sup>mc.</sup>34 = 3.233 kilogramos.

---

(1) En las páginas 91 á 94 de la obra de Ebermayer se hallan todos los datos acerca de la riqueza respectiva en cenizas de las distintas especies.

Esta producción anual se transforma en la explotación del modo siguiente:

	Haya.	Abeto.	Pino.
<i>En centésimas de la producción anual.</i>			
Leña de raja.....	75	85	80
Idem redonda.....	15	5	10
Haces.....	10	10	10
<i>En kilogramos.</i>			
Leña de raja.....	2.372	2.920	2.587
Idem redonda.....	475	172	323
Haces.....	316	343	323
<b>TOTALES.....</b>	<b>3.163</b>	<b>3.435</b>	<b>3.233</b>

De suerte que en definitiva la masa total producida anualmente sobre una hectárea, toma del suelo las cantidades siguientes de sustancias minerales:

RODALES DE			
	Haya.	Abeto.	Pino
	<i>Kilógs.</i>	<i>Kilógs.</i>	<i>Kilógs.</i>
Leña de raja.....	15.65	14.31	11.12
Idem redonda.....	6.36	1.36	1.42
Haces.....	7.59	6.89	4.00
	<b>29.60</b>	<b>22.56</b>	<b>16.54</b>

Se vé que el haya es la especie más exigente bajo el punto de vista de la nutrición mineral, después el abeto, y por último, el pino. Las cantidades de principios minerales necesarios por metro cúbico de cada una de estas especies, haya, abeto y pino, resultan ser las siguientes:

ESPECIES.	Leñas de raja.	Leña redonda.	Haces.
	Mets. cúb.	Mets. cúb.	Mets. cúb.
Haya.....	5 <sup>k</sup> .102	8 <sup>k</sup> .455	11 <sup>k</sup> .840
Abeto.....	1.629	2.790	10.973
Pino.....	1.100	1.411	4.675

Estas cifras demuestran que la producción de un metro cúbico de leña de raja de haya exige tres veces más sustancias minerales que el mismo volumen de leña de raja de abeto, y cuatro veces seis décimas (4.6) más que el metro cúbico de pino. Además se vé que segun el monte produzca cantidades respectivamente mayores ó menores de ramas y haces, la cantidad de sustancias minerales que del suelo se toman será mayor ó menor, variando en proporciones muy considerables.

En efecto, segun estos datos se puede deducir que la producción de un metro cúbico de

Leña redonda (ramas) de haya exige....	1.6 veces más.
Haces (ramillas) de haya.....	2.3 »
Leña redonda de abeto.....	1.7 »
Haces de id.....	6.7 »
Leña redonda de pino.....	1.2 »
Haces de id.....	4.2 »

de materias minerales que reclama la producción de un metro cúbico de leña de raja de cada una de estas especies. De aquí resulta esta relacion importante: *cuanto menor es la producción de maderas (que son las que alcanzan más valor) de un monte, más considerable es la exportacion de materias minerales, y por lo tanto mayor el empobrecimiento del capital nutritivo del suelo; y por el contrario, cuanto mayor la producción de madera, en relacion á las ramas y ramillas, menos se empobrece el suelo con la producción forestal.*

De estos resultados analíticos se desprenden consecuencias prácticas importantes; los montes en los cuales la producción de maderas de construcción es mayor, empobrecen menos el suelo que

los que sólo producen leñas ó ramas: el monte *alto* toma del terreno ménos principios minerales que los montes *bajos y medios*; los turnos largos despojan ménos el suelo que los cortos, porque las maderas de grandes dimensiones son más pobres en sustancias minerales que las ramas y ramillas. El roble aprovechado para la producción de casca y leñas empobrece más el suelo que el monte alto de roble. Y para comprender claramente esto, es preciso también tener presente que, como hemos dicho, á las limpias naturales que en los montes altos se verifican por la muerte de las ramas y ramillas, precede una especie de emigración hácia el tronco de una parte notable de la materia mineral (principalmente potasa y ácido fosfórico) que, abandonando las ramas muertas, sirve á la producción de nuevos tejidos.

Conocida la cantidad de sustancias minerales exportadas por las cortas, examinemos comparativamente á qué cifra se eleva anualmente la cantidad de cenizas en los productos que constituyen la cubierta.

Por término medio general, según lo que se ha expuesto, el peso de la cubierta anual, es:

	Por 100 de cenizas.
Para los rodales de haya de 3.331 kig. que contienen.	5.57
» de abeto 3.007 » »	4.52
» de pino 3.186 » »	1.46

De suerte que la cantidad de cenizas contenida en la cubierta, es por año y por hectárea de 185<sup>k</sup>.54 en los rodales de haya, 135<sup>k</sup>.92 en los de abeto y 46<sup>k</sup>.52 en los de pino.

Si se añaden á estos pesos los que se han deducido anteriormente para las distintas clases de maderas, encontraremos que la cantidad de sustancias minerales que exige una hectárea de monte, es por año la siguiente, dada en kilogramos:

RODALES DE

	Haya.	Abeto.	Pino.
Madera.....	29.60	22.56	16.54
Cubierta.....	185.54	135.92	46.52
<b>TOTALES.....</b>	<b>215.14</b>	<b>158.48</b>	<b>63.06</b>

Estas tres últimas cifras ponen de manifiesto las profundas diferencias que existen bajo el punto de vista de las exigencias en sustancias minerales, entre las especies estudiadas por Ebermayer.

El haya necesita 1.4 veces más que el abeto y 2.5 más que el pino. La frugalidad del pino con relacion á las otras especies, resalta tambien de estas cifras, y de las cantidades de sustancias minerales que se han dado á conocer al tratar de la constitucion de las hojas, así es que si se representa por 1 la cantidad de materia mineral que el pino exige para constituir sus hojas (agujas), el abeto requiere tres y el haya cuatro veces más principios minerales, para constituir su tejido foliáceo. Las diferencias, en lo que constituye la produccion anual leñosa, son ménos distintas, pues sus relaciones son solamente: 1 (pino) 1.4 (abeto) 1.8 (haya). El haya y el abeto necesitan seis veces más cantidad de sustancias minerales al año, para constituir las hojas que para la madera, y el pino tres veces más solamente que para el tejido leñoso.

El resultado final de todas estas comparaciones es que la formacion de la cubierta requiere una cantidad de principios minerales muy superior á la que reclama la produccion anual leñosa. Si se considera la cubierta de un año, se verá que en los rodales de haya y abeto necesitan por hectárea tantos principios nutritivos minerales, como la que consume seis años la produccion leñosa.

En los rodales de pino, el consumo de la cubierta anual corresponde al período de tres años de produccion maderable.

COMPARACION DEL CULTIVO AGRÍCOLA CON LA PRODUCCION FORESTAL.

A.—Produccion agricola.

ESPECIE DE PRODUCCION.	Cantidad por hectárea. — Kilógs.	Cenizas por 100.	Cenizas por hectárea. — Kilógs.
Trigo. .... } Grano.....	1.840	1.69	31.0
} Paja.....	3.640	3.94	143.0
<b>TOTALES.....</b>	<b>5.480</b>	<b>»</b>	<b>174.0</b>
Patatas. ... } Patatas (frescas).	14.640	1.12	164.0
} Plantas (idem)..	7.320	1.38	101.0
<b>TOTALES.....</b>	<b>21.960</b>	<b>»</b>	<b>265.0</b>
Guisantes.. } Granos.....	1.840	2.57	47.0
} Paja.....	2.490	4.13	122.0
<b>TOTALES.....</b>	<b>4.330</b>	<b>»</b>	<b>169.0</b>
Heno de pradera.....	4.580	6.54	299.0
» de trébol.....	5.480	5.86	319.0

**Produccion forestal.**

ESPECIE DE PRODUCCION.	Cantidad por hectárea.	Cenizas	Cenizas por hectárea.
	Kilógs.	por 100.	Kilógs.
Rodal de haya..	{ Maderas... 3.163	»	29.6
	{ Cubierta... 3.331	5.57	185.5
TOTALES.....	6.494	»	215.1
Rodal de abeto..	{ Madera... 3.435	»	22.6
	{ Cubierta... 3.007	4.52	135.9
TOTALES.....	6.442	»	158.5
Rodal de pino..	{ Madera... 3.233	»	16.5
	{ Cubierta... 3.186	1.46	46.5
TOTALES.....	6.419	1.46	6.30

Bajo el punto de vista del empobrecimiento del suelo de sustancias minerales, las producciones se clasifican en el orden decreciente que á continuacion exponemos:

	Sustancia mineral.
	<u>Kilógramos.</u>
Trébol (por hectárea y por año)...	319
Hierbas de prados.....	299
Patatas.....	265
Monte alto de haya.....	215
Trigo.....	174
Guisantes.....	169
Abeto.....	158
Pino.....	63

Las exigencias forestales son, por lo tanto, muy superiores á lo que generalmente se cree, exceptuando el pino; las especies forestales reclaman casi tantos principios minerales como las producciones agrícolas. Pero el empobrecimiento del suelo dista mucho de ser el mismo, porque la cubierta restituye al suelo forestal la mayor parte de los principios minerales nutritivos más importantes, como son: la potasa, ácido fosfórico y nitrógeno, mientras que las producciones agrícolas todo se lo llevan y nada devuelven.

Réstanos ahora examinar la composición de las cenizas de los productos forestales de que nos estamos ocupando.

2.º—Elementos minerales de la cubierta.—Cantidades de potasa, cal, ácido fosfórico, sílice, etc., extraídas del suelo por la cubierta.—Cantidades de los mismos principios en las maderas.—Cantidad anual de principios minerales que exige una hectárea de monte.—Cantidades que exigen de las mismas sustancias otros cultivos.

Hemos dado á conocer las cifras á que ascienden en junto, las cantidades de materias minerales extraídas del suelo anualmente por el haya, abeto y pino de una hectárea; examinemos ahora, siguiendo á Ebermayer, las cantidades respectivas de cada uno de los elementos nutritivos que constituyen las cenizas. El conocimiento de las cantidades de potasa, ácido fosfórico y cal conteni-

das en las hojas y en las maderas, es tan importante al forestal, como las cantidades en conjunto de cenizas que contienen estos productos. La vegetación del monte, en efecto, depende de la riqueza del suelo en principios asimilables; si éstos son insuficientes para la nutrición del árbol, el suelo es estéril; si, por el contrario, se hayan en proporciones convenientes, el crecimiento del árbol y por lo tanto su producción alcanza su máximo.

Un suelo puede ser estéril por la carencia de uno solo de los elementos (cal, potasa, ácido fosfórico, etc.) nutritivos, aun encontrándose otros en abundancia. La composición de las cenizas de las especies forestales da á conocer las exigencias de ellas en determinados principios, y como consecuencia, las condiciones favorables á su desarrollo en un suelo dado, supuestas las demás condiciones iguales.

Aunque es difícil en el estado actual de nuestros conocimientos precisar las cantidades de cada uno de estos principios minerales que debe contener un terreno para ser fértil, interesa mucho conocer las cantidades de ácido fosfórico, potasa y cal que los diferentes suelos contienen, bajo el punto de vista de su producción. Zóller ha encontrado en terrenos de pan llevar de buena calidad, 0.219 y 0.129 por 100 de ácido fosfórico.

Schütze también ha estudiado esta cuestión y expone los siguientes resultados de distintos pinares.

PINARES.	Neustadt-Eberwald.	Suelos arenosos de la Marche.	Suelos arenosos.
	Ácido fosfórico por 10.	Potasa por 100.	Cal por 100.
De 1. <sup>a</sup> clase...	0.0501	0.0457	1.8876
De 2. <sup>a</sup> » ..	0.0569	0.0632	0.1622
De 3. <sup>a</sup> » ..	0.0388	0.1221	0.1224
De 4. <sup>a</sup> » ..	0.0299	0.0392	0.0963
De 5. <sup>a</sup> » ..	0.0236	0.0241	0.0270
De 6. <sup>a</sup> » ..	»	0.0215	0.0458

Resulta de la comparación de estas cifras, que la producción es proporcional á la cantidad de ácido fosfórico y potasa de los

suelos; en cuanto á la cal, sucede lo mismo; pero sólo en los terrenos arenosos, porque la mayoría de las tierras contienen, por regla general, mucha más cal de la que exigen las producciones.

Las tablas siguientes tomadas de la obra de Ebermayer, contienen todas las cifras necesarias para calcular el empobrecimiento del suelo en principios minerales por las especies forestales.

La tabla 1.<sup>a</sup> da las cifras mínimas, máximas y medias de los principales elementos de las cenizas de la cubierta y de varias clases de pajas.

La distinta composición de la cubierta y las desigualdades que se notan en los elementos que la constituyen, especialmente en potasa, ácido fosfórico y cal, claramente expresada por las cifras de la tabla, ponen bien de manifiesto las diferencias considerables que existen entre los diversos detritus forestales.

TABLA I.

CANTIDAD DE LOS PRINCIPIOS MINERALES DE LAS CENIZAS DE DISTINTAS CUBIERTAS.

*Cantidad de cenizas, potasa, sosa, cal, magnesia, óxido de hierro, ácido fosfórico, sílice y azufre.*

NATURALEZA DE LA CUBIERTA.	UN KILÓGRAMO DE CUBIERTA SECA A 100 GRADOS CONTIENE:								
	Cenizas puras.	Potasa.	Sosa.	Cal.	Magnesia.	Oxido de hierro.	Ácido fosfórico.	Ácido sulfúrico.	Sílice.
Hojas de haya..... Máximo.	99.1	8.31	1.78	34.81	6.92	2.28	5.85	2.54	50.80
» Mínimo.	40.3	0.94	0.15	16.99	2.14	0.66	1.43	0.53	5.95
» Medio...	55.76	2.97	0.60	24.62	3.64	1.54	3.14	1.09	18.16
Agujas de abeto..... Máximo.	101.9	2.42	1.40	38.50	4.19	1.93	3.84	1.18	57.40
» Mínimo.	31.1	0.95	0.22	5.36	0.74	0.22	1.26	0.43	3.86
» Medio...	45.27	1.61	0.56	20.27	2.32	0.93	2.14	0.70	16.54
Rhytidoma de abeto.....	»	0.48	0.07	6.33	0.41	0.55	0.23	0.88	4.61
Agujas de pinabete..... Máximo.	52.7	4.54	0.68	38.67	3.05	1.70	4.08	1.04	4.97
» Mínimo.	19.9	1.06	0.37	6.23	1.18	0.22	2.19	0.78	0.51
» Medio...	37.85	2.63	0.53	24.28	2.52	1.08	2.80	0.93	2.35
Agujas de pinabete (en invierno).	33.1	8.66	2.07	12.73	2.35	1.22	3.48	1.60	0.99
Idem. de alerce (caídas).....	40.0	1.83	0.54	8.79	2.76	1.03	1.50	0.65	22.81
Folleaje de roble (caído).....	43.9	4.03	0.76	17.07	6.02	0.95	2.10	0.75	10.85
Idem id. (muerto).....	49.0	1.64	0.30	23.83	1.94	0.30	3.96	2.17	15.17
Agujas de pino ..... Máximo.	20.0	2.44	1.03	10.31	2.53	1.10	1.54	0.60	2.30
» Mínimo.	10.7	0.95	0.10	2.57	0.70	0.13	0.76	0.42	1.39
» Medio...	14.65	1.52	0.64	5.95	1.51	0.49	1.16	0.53	2.06
Segun Schroder.....	15.25	1.44	0.23	4.37	1.47	0.54	0.60	0.99	2.73
Ramas de pino (muertas).....	11.91	0.43	0.12	3.69	0.45	0.83	0.30	0.30	3.65
Musgos de varias clases. Máximo.	39.2	8.72	2.66	8.23	2.92	2.90	6.16	1.81	9.02
» Mínimo	23.2	6.96	0.67	3.34	1.79	0.64	2.87	1.54	2.17
» Medio...	30.98	7.61	1.42	5.47	2.51	1.82	4.78	1.65	4.88
Segun Wolff.....	25.6	3.46	2.15	2.96	1.51	3.03	1.16	1.29	2.37
Helechos..... Medio...	67.6	24.05	2.73	8.30	4.69	1.11	5.53	2.35	13.74
Brezos..... Medio...	20.8	2.68	1.37	4.47	1.95	0.85	1.40	0.85	6.17
Juncos..... Medio...	55.9	22.05	3.65	4.21	3.56	1.99	5.04	1.56	7.86
Retama.....	18.1	6.45	0.40	2.89	2.13	0.84	1.51	0.59	1.68
Paja de trigo..... Medio...	53.7	7.33	0.74	3.09	1.33	0.33	2.58	1.32	36.35
Paja de centeno..... Medio...	47.9	9.22	1.03	4.11	1.30	0.50	2.46	1.30	27.01
Paja de cebada..... Medio...	48.0	10.97	1.98	3.73	1.25	0.33	2.13	1.78	24.97
Paja de avena.... Medio...	47.0	10.40	1.36	4.16	1.90	0.68	2.20	1.45	22.83

La Tabla II indica la composición centesimal de las cenizas de las maderas de distintas especies (haya, roble, abedul, abeto, alerce, etc.).



La tabla IV da la composición de las cortezas y de los rhytidomas de algunas especies, y demuestra la retrocesion de los principios minerales (potasa, ácido fosfórico) en el tronco ántes de la caída de la corteza.

TABLA IV.

ESPECIES.	CANTIDAD DE SUSTANCIAS MINERALES DE LAS CORTEZAS SECAS POR KILOGRAMO.									
	Cenizas.	Potasa.	Sosa.	Cal.	Magnesia.	Ácido fosfórico.	Ácido sulfúrico.	Silice.	Cloro.	
Corteza de abedul.....	11.3	0.4	0.6	5.2	0.9	0.8	0.2	2.3	0.2	
Corteza de abeto (tronco).....	13.76	1.15	0.29	7.11	0.72	0.60	0.3	1.15	0.03	
Idem de ramas gruesas.....	18.42	3.84	0.17	6.73	1.56	1.17	0.32	1.62	0.13	
Idem de ramillas.....	28.15	3.41	1.26	11.72	1.90	1.32	0.32	3.94	0.14	
Rhytidoma (capa exterior).....	»	0.48	0.07	6.33	0.41	0.23	0.88	4.61	»	
Idem (capa interior).....	»	3.22	0.41	10.08	1.49	0.35	0.14	0.67	»	
Corteza de abeto.....	23.9	1.3	1.0	14.9	1.1	0.6	0.2	3.8	0.1	
Corteza de pinabete.....	28.1	2.3	0.9	19.6	0.8	0.7	0.5	2.3	0.3	
Corteza de pino.....	17.1	0.5	0.2	7.5	0.2	1.4	0.1	5.3	»	

En la tabla V se hallan algunos análisis de hojas y agujas recogidas en condiciones distintas de altitud y estación. Las cifras que contiene hacen ver claramente las variantes en las cantidades de ácido fosfórico,

TABLA V.

ESPECIES.	CANTIDAD DE MATERIAS MINERALES DE LAS HOJAS Y AGUJAS DE LOS ÁRBOLES, COMPLETAMENTE SECAS, POR KILOGRAMO.									
	Cenizas.	Potasa.	Sosa.	Cal.	Magnesia.	Ácido fosfórico.	Ácido sulfúrico.	Silicea.	Cloro.	
Hojas de haya (en verano).....	48.4	8.8	0.8	17.6	4.4	3.6	1.06	7.2	0.4	
Idem de roble (en idem).....	46.0	15.3	»	12.0	6.3	5.7	4.3	2.0	»	
Agujas de abeto (en Mayo).....	35.91	4.06	0.11	4.51	1.93	3.56	1.51	16.53	0.34	
Idem de pino (de un año).....	15.62	6.25	0.43	1.89	1.34	2.98	0.65	0.51	»	
Idem id. (de dos años).....	18.94	4.17	0.57	4.93	1.48	2.41	0.84	1.10	»	
Idem id. (de tres años, muertas)...	15.25	1.44	0.23	4.37	1.47	0.60	0.99	2.37	»	
Agujas de alerce (Octubre), recogidas á 1.068 metros.....	24.90	5.17	0.34	9.68	3.73	3.41	1.40	1.06	»	
Idem id., id. á 880 id.....	27.70	4.36	0.17	10.84	4.07	2.37	1.07	4.07	»	
Idem id., id. á 735 id.....	27.50	7.95	0.67	4.63	2.08	3.78	0.90	6.62	»	
Idem id., id. á 476 id.....	35.70	8.41	0.62	5.23	3.04	8.84	1.13	7.73	»	
Idem id., id. á 117 id.....	60.20	14.41	0.79	20.90	5.04	7.24	1.77	8.67	»	
Término medio.-Agujas de alerce.	35.23	8.06	0.25	10.26	3.59	5.13	1.25	5.63	»	

Partiendo de los datos que se han dado á conocer, de las producciones de madera y cubierta, Ebermayer calcula las cantidades respectivas de cada uno de los principios minerales que exige, por año, la producción total de sustancia orgánica de una hectárea de monte de haya, abeto y pino.

Las diferencias considerables que ofrecen los resultados según las distintas especies, explican perfectamente los hechos conocidos de los forestales, respecto á las exigencias distintas de las tres especies que nos ocupan.

TABLA VI.

EXIGENCIAS DE LA PRODUCCION ANUAL DE UNA HECTÁREA DE MONTE EN SUSTANCIAS MINERALES EXPRESADAS EN KILÓGRAMOS.

NATURALEZA DE LOS PRODUCTOS FORESTALES.	LA MADERA Y CUBIERTA DE UN AÑO CONTIENE POR HECTÁREA EN									
	Cenizas puras.	Potasa.	Sosa.	Cal.	Mag- nesia.	Óxido de hierro y de man- ganeso.	Ácido fosfórico.	Ácido sulfúrico.	Sílica.	Cloro.
<b>I.—MONTES ALTOS DE HAYA.—EDAD, 120 AÑOS.</b>										
Tronco.....	15.65	2.60	0.61	7.83	1.99	0.10	1.19	0.09	1.23	0.01
Ramas.....	6.36	0.97	0.13	2.92	1.03	0.10	0.74	0.04	0.43	»
Ramillas.....	7.59	1.08	0.17	3.67	0.83	0.05	0.94	0.09	0.75	0.01
<i>Suma de los productos leñosos..</i>	29.60	4.65	0.91	14.42	3.85	0.25	2.87	0.22	2.41	0.02
<i>Suma de la cubierta anual.....</i>	185.54	9.87	1.99	81.92	12.22	5.11	10.45	3.62	60.36	»
<b>II.—MONTES DE ABETO.—EDAD, 120 AÑOS.</b>										
Tronco.....	14.31	2.10	0.29	6.60	1.26	3.12	0.52	0.42	»	»
Ramas.....	1.36	0.31	0.02	0.52	0.13	0.28	0.09	0.01	»	»
Ramillas.....	6.89	1.65	0.17	2.03	0.64	1.27	0.84	0.29	»	»
<i>Suma de los productos leñosos..</i>	22.56	4.06	0.48	9.15	2.03	4.67	1.45	0.72	»	»
<i>Suma de la cubierta anual.....</i>	135.92	4.82	1.68	60.94	6.95	3.42	6.41	2.10	49.60	»
<b>TOTAL.....</b>	158.48	8.88	2.16	70.09	8.98	8.09	7.86	2.82	49.60	»
<b>III.—MONTES DE PINO.—EDAD, 100 AÑOS.</b>										
Tronco.....	11.12	1.68	0.06	6.92	1.16	0.08	0.70	0.15	0.37	»
Ramas.....	1.42	0.24	0.04	0.82	0.14	»	0.10	0.03	0.05	»
Ramillas.....	4.00	0.68	0.11	2.30	0.40	0.03	0.27	0.08	0.13	»
<i>Suma de los productos leñosos...</i>	16.54	2.60	0.21	10.04	1.70	0.11	1.07	0.26	0.55	»
<i>Suma de la cubierta anual.....</i>	46.52	4.84	2.04	18.87	4.80	4.07	3.68	1.69	6.53	»
<b>TOTAL.....</b>	63.06	7.44	2.25	28.91	6.50	4.18	4.75	1.95	7.08	»

Por último, en la tabla VII se dan á conocer los componentes de las cenizas de algunos cultivos agrícolas, para que puedan compararse con los forestales.

TABLA VII.

EXIGENCIAS ANUALES EN SUSTANCIAS MINERALES DE DIFERENTES CULTIVOS AGRÍCOLAS EXPRESADAS EN KILÓGRAMOS Y POR HECTÁREA.

NATURALEZA DE LAS PRODUCCIONES.	Cenizas.	Potasa.	Sosa.	Cal.	Mag- nesia.	Oxido de hierro y de man- ganeso.	Acido fosfórico.	Acido sulfúrico.	Siliceo.	Cloro.
Patatas.—Tubérculos.....	164	98.50	4.26	4.19	7.66	1.92	28.33	10.61	3.47	5.06
» Matas.....	101	21.89	2.32	32.87	16.62	2.87	7.93	6.35	4.34	5.81
» <i>Suma</i> .....	265	120.39	6.58	37.06	24.28	4.79	36.26	16.96	7.81	10.87
Trigo.—Grano.....	31	9.71	0.70	1.04	3.72	0.41	14.58	0.12	0.65	0.07
» Paja.....	143	19.48	1.97	8.21	3.53	0.87	6.85	3.49	96.21	2.39
» <i>Suma</i> .....	174	29.19	2.67	9.25	7.25	1.28	21.43	3.61	96.86	2.46
Guisantes.—Grano.....	47	19.86	0.46	2.37	3.78	0.41	17.30	1.67	0.41	0.74
» Paja.....	122	27.84	4.95	44.77	9.78	2.09	9.80	7.61	8.31	6.85
» <i>Suma</i> .....	169	47.70	5.41	47.14	13.56	2.50	27.10	9.28	8.72	7.59
Heno de pradera.....	299	75.58	13.14	49.42	18.66	3.68	23.71	13.52	79.93	21.36
Heno de trébol.....	319	102.05	6.45	111.80	34.56	3.36	31.33	9.56	7.52	12.37

Con esto limitamos el estudio de la distribución de la sustancia mineral en las distintas partes del árbol, recordando que el que desee mayores detalles debe consultar la obra original.

Y para terminar el examen de la notable obra de Ebermayer, vamos á ocuparnos del estudio de las propiedades físicas y químicas de la cubierta de los montes.

## IX.

### PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CUBIERTA.

Su influencia en la naturaleza física del suelo y en el curso de las aguas.

—Facultad de imbibición en la cubierta, acción sobre el grado de humedad del suelo y sobre la evaporación.—Influencia de los árboles y de la cubierta de los montes en la temperatura del suelo.—Acción de la cubierta sobre la porosidad de la tierra.

En los dos primeros capítulos de su libro, Ebermayer estudia la formación de la cubierta y su composición química: en el tercero determina, valiéndose de los numerosos datos suministrados por las estaciones de Baviera, la importancia numérica de la producción en materia orgánica de una hectárea de monte de haya, de pino y de abeto y las cantidades extraídas del suelo por los aprovechamientos, y en los dos últimos se dedica al examen de las propiedades físicas de la cubierta y estudia las transformaciones químicas que experimenta para constituir el humus y mantener la fertilidad del suelo. De esta última parte es de la que vamos a ocuparnos.

La cubierta, este abono natural de los montes, ejerce en las condiciones físicas del suelo una gran influencia; constituye, como es sabido, por su mezcla con el musgo y demás restos vegetales, una espesa cubierta bastante regular sobre el suelo, que la lluvia y la nieve se encargan de comprimir.

La parte superficial de la cubierta presenta una mezcla de materias orgánicas en estado de descomposición variable, la parte inmediata la constituye una sustancia negra ó parda, casi pulverulenta, que se llama *humus ó mantillo*.

Esta cubierta posee, en virtud de su porosidad, diferentes propiedades físicas que conviene consignar.

1.º Presenta numerosos espacios capilares, canales que la asemejan á una esponja y que la permiten retener cantidades considerables de agua por imbibición.

2.º Protege el suelo del acceso directo del aire y le pone al

abrigo del movimiento de la atmósfera, impidiendo se evapore rápidamente.

3.º Y último, el aire encerrado en esos canales, obra como la nieve haciendo la capa poco conductora del calor, y disminuyendo la radiación del suelo, por lo cual impide que la capa superficial del suelo se caliente y enfríe bruscamente, como acontece en los suelos en que dicha cubierta no existe.

La protección que los montes altos situados en regiones montañosas ejercen en los valles, es debida principalmente á que en las superficies arboladas, cuando las lluvias abundantes caen, impiden el arrastre de las tierras, ya que las copas de los árboles retienen parte del agua, ya principalmente porque la cubierta, en virtud de su facultad absorbente, forma una especie de barrera que se opone á que las aguas arrastren física y mecánicamente las tierras á los valles.

Los montes son los diques más eficaces contra las inundaciones, y por eso es preciso que se conserven en todas aquellas regiones en que puedan prestar tan inmensos beneficios; así lo han reconocido casi todas las naciones de Europa, y procuran por todos los medios conservar los montes y repoblar los terrenos de las grandes cordilleras, convencidos que los diques más seguros y eficaces para impedir los desastres de la inundación son los montes. ¡Ojalá que en nuestro país se entre en tan buena senda!

La acción protectora de la cubierta de los montes es mucho más importante en las regiones elevadas que en las llanuras, porque impide ó aminora en las alturas la formación de los torrentes. Reteniendo el agua de lluvia, la cubierta presta humedad al suelo, condición precisa para una buena vegetación, y alimenta las fuentes y manantiales, haciéndolos constantes, importante misión que no se sabe apreciar en nuestro país debidamente.

Los resultados de las experiencias verificadas sobre las cantidades de agua que absorben los diferentes detritus que constituyen la cubierta, los expone Ebermayer en su obra y vamos á darlos á conocer.

Según la intensidad de su poder absorbente para el agua, los materiales de la cubierta se clasifican en el orden siguiente:

Un metro cúbico de musgo absorbe, por término medio....	295 k	ó sea	282.74	por 100 de su peso.
Un metro cúbico de paja de centeno absorbe, por id. id.....	203.3	»	274.6	»
Un metro cúbico de follaje de haya absorbe, por id. id.....	176.7	»	232.7	»
Un metro cúbico de follaje de helecho absorbe, por id. id...	153.8	»	259.1	»
Un metro cúbico de agujas de abeto absorbe, por id. id.....	247.8	»	150.3	»
Un metro cúbico de agujas de pino absorbe, por id. id.....	160.0	»	142.6	»
Un metro cúbico de heno de brezo absorbe, por id. id.....	78.8	130.7	»	»

Estos términos medios no pueden considerarse como absolutos; en efecto, según las experiencias verificadas en Baviera, siete determinaciones hechas en trozos distintos han dado las diferencias siguientes:

La absorcion del follaje del haya varía entre.	195 á	252	por 100.
La absorcion de las agujas de abeto varía entre.....	128	»	190
La absorcion de las agujas de pino varía entre.....	121	»	167
La absorcion del musgo varía entre.....	237	»	330

Una capa de musgo (césped) retiene por metro cuadrado una capa de agua de 4<sup>mm</sup>.466, lo que representa por hectárea un volumen de 44<sup>mc</sup>.66, según las observaciones de Gerwig. Según las experiencias de Ebermayer, un metro cúbico de cubierta exige, para saturarse por completo, las cantidades de agua siguientes:

	<u>Hectólitros.</u>
Follaje de haya.....	2
Agujas de abeto.....	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
Idem de pino.....	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
Musgo.....	3

Si se supone que en los montes de haya la caída anual de las

hojas asciende á 4.000 kilogramos, ó sea 64<sup>mc.</sup>5, en los de abeto á 33.300 kilogramos, ó sea 21<sup>mc.</sup>7 y en los de pino á 2.300 kilogramos, ó sean 32<sup>mc.</sup>6 se verá que en cada hectárea las hojas caídas anualmente pueden absorber.

	Metros cúbicos de agua de lluvia.
En los montes de haya . . . . .	12.9
En los montes de abeto . . . . .	5.42
En los montes de pino . . . . .	4.89

Este poder absorbente que la cubierta del suelo forestal tiene para el agua, se ejerce sobre todo en las épocas de las lluvias abundantes y persistentes y en las del derretimiento de las nieves. Las cifras que acabamos de exponer prueban bien claramente que son necesarias lluvias muy abundantes y de cierta duración, para que la cubierta se sature, pudiendo siempre el subsuelo recibir el excedente de agua. En los montes altos, las copas de los árboles, según las observaciones de los forestales de Baviera, retienen adheridas á las hojas 25 á 30 por 100 del agua de las lluvias, ó sea de un cuarto á un tercio; de lo que resulta que una ligera lluvia no suministra agua al suelo de estos montes porque la débil cantidad de agua que llega á la cubierta vuelve al aire por evaporación. En los años secos en los cuales las lluvias son raras y pasajeras, el suelo forestal recibe muy poca agua, y en este concepto se encuentra en situación desfavorable con respecto á los terrenos desnudos; el mismo rocío de las noches frescas aprovecha poco al suelo cubierto de árboles porque no puede llegar hasta él. Es un hecho observado constantemente, que en los años secos, el suelo de los montes altos, especialmente de los pinares, está más seco que el de los terrenos desnudos, porque las copas de los árboles se oponen á la formación del rocío y retienen el agua de las lluvias de corta duración y poco abundantes. La yerba, el musgo y otras producciones análogas, que retienen por sus raíces grandes cantidades de agua, la dejan escapar, por su abundante traspiración, mucho más rápidamente cuando están aisladas que cuando están protegidas ó cubiertas

por espesos árboles, ocasionando una gran desecacion en el terreno; y esto se observa en los montes claros, cuyo suelo se cubre de un césped más ó ménos abundante.

Los suelos que sin interrupcion se labran, soportan mejor la sequía que aquellos incultos que se cubren de musgos, césped, et-cétera. Las recolecciones agrícolas resisten tanto más á la sequía cuanto más profunda es la labor que se ha dado al suelo.

Las lluvias persistentes de las estaciones medias y frescas del año dan al suelo mucha más agua que las lluvias de verano, porque el agua de éstas se evapora en gran cantidad, efecto del estado de calórico del suelo, ó si son violentas se deslizan por el suelo endurecido y van á aumentar el volúmen de los rios con preferencia á dar humedad al suelo.

Las lluvias más favorables para los montes son las de invierno; el derretimiento de las nieves de primavera, efectuándose lentamente, es muy eficaz tambien, porque empapan el suelo hasta gran profundidad.

La capa permanente de nieve que durante el invierno recubre el suelo en Rusia y Suecia, es la causa preponderante de la vegetacion tan considerable de estas regiones, que reciben anualmente cantidades de lluvia muy inferiores á las que caen en la Europa occidental. Un invierno seco es mucho más perjudicial á los montes que un verano seco, y lo prueba los montes del Sur de Europa, que resisten perfectamente la sequía de los veranos, gracias á las abundantes lluvias de otoño é invierno. Mantener tan largo tiempo como sea posible la humedad del invierno en los suelos por medio de los árboles y la cubierta que proporcionan los montes, es, segun Ebermayer, uno de los deberes más importantes del forestal.

Numerosas experiencias se han hecho en las estaciones bávaras para determinar lo que pierden de agua las hojas enteramente mojadas al desecarse al aire libre; estas observaciones han dado términos medios que vamos á exponer: las hojas completamente mojadas por una lluvia de tres dias de duracion se han extendido en el suelo de una habitacion bien aireada, pesándose cada cinco dias. Contenan al principio, además del agua de constitucion, las cantidades siguientes de agua de lluvia:

Hojas de haya.....	175	por 100 de su peso de agua.
Agujas de abeto.....	94	id. id.
Idem de pino.....	144	id. id.
Musgo.....	234	id. id.

Las pesadas sucesivas dieron los resultados siguientes:

PÉRDIDA DE LAS HOJAS DE					
	Temperatura del aire.	Haya.	Abeto.	Pino.	Musgo.
		Por 100.	Por 100.	Por 100.	Por 100.
A los 5 dias.	13°.6 R.	103.7	53.9	97.3	150.0
10 »	15°.9	65.2	36.8	42.4	70.5
15 »	18°.7	4.6	3.1	4.1	11.7
20 »	15°.7	1.5	0.0	0.0	1.8
		<u>175.0</u>	<u>93.8</u>	<u>143.8</u>	<u>234.0</u>

Las hojas completamente secas al aire, contienen de agua higrométrica: las del haya 18 por 100; del abeto 15,1, del pino 12,2 y el musgo 14,5.

El musgo se seca más lentamente que el follaje de las otras tres especies; por término medio se puede admitir que en un tiempo seco á la temperatura de 15 á 16° Réaumur, la cubierta en sitios bien aireados pierde al cabo de diez dias la mayor parte del agua recibida, y á los quince ó diez y seis dias está completamente seca. El musgo necesita tres semanas para secarse. La existencia y el crecimiento más ó menos considerable de los árboles, depende, en primer lugar, del grado de humedad del suelo, siendo por lo tanto importante el estudio de la accion de los montes, bajo este punto de vista. Las experiencias verificadas desde el año 1869 en las estaciones de Baviera, experiencias que confirman por completo los resultados obtenidos por M. A. Mathieu, subdirector de la Escuela forestal, en el año de 1866, en la estacion meteorológica del monte de Haye cerca de Nancy, suministran datos preciosos para ilustrar la cuestion que nos proponemos. En el

quinquenio de 1869 á 1873 los resultados medios obtenidos por las observaciones periódicas hechas en las estaciones de Duschelberg, Seeshaupt, Rohrbrunn, Johannes Kreuz, Ebrach Altenfurth, son las siguientes:

En los suelos forestales privados de su cubierta y saturados igualmente de agua, con condiciones de constitucion física idénticas, la evaporacion media de las superficies arboladas por mes, en un período de cinco años: comparada con la evaporacion del mismo suelo desnudo ó despoblado tomado por término de comparacion (evaporacion del suelo despoblado = 100) asciende á las cantidades siguientes:

Abril.....	63 por 100
Mayo.....	49 »
Junio.....	44 »
Julio.....	46 »
Agosto.....	42 »
Setiembre.....	37 »

O sea por término medio 47 por 100 de la evaporacion del suelo desnudo; vése, pues, que en números redondos, el suelo forestal privado de su cubierta, pero protegido por los árboles, evapora la mitad ménos de agua que el suelo despoblado.

La presencia de la cubierta ejerce en la evaporacion del suelo una influencia muy notable, como lo demuestran las siguientes cifras. Si hacemos igual á 100 la evaporacion del suelo desnudo, los suelos forestales con cubierta, evaporan por término medio (cinco años de observacion) las cantidades centesimales adjuntas:

Abril.....	34 por 100
Mayo.....	25 »
Junio.....	22 »
Julio.....	20 »
Agosto.....	18 »
Setiembre.....	15 »

O sea, por media anual 22 por 100 de la cantidad de agua evaporada por los terrenos desprovistos de árboles.

De suerte que el suelo de un monte con su cubierta, pierde cuatro ó cinco veces ménos agua por evaporacion directa que el mismo suelo situado en sitio despoblado. Cuando la tierra, á consecuencia del derretimiento de las nieves, se halla saturada de agua, pierde durante la estacion cálida, en el monte, 78 por 100 ménos agua que el suelo no protegido por la vegetacion, estos 78 por 100, 25 son debidos á la cubierta, 35 al monte propiamente dicho. Inútil parecerá insistir en demostrar las ventajas que la vegetacion sacara de esta facultad de conservar el agua, que tan evidentemente se manifiesta con los números que acabamos de exponer.

Examinaremos ahora la influencia que la cubierta ejerce en la temperatura del suelo. Ebermayer se funda en seis años de observaciones termométricas, hechas con regularidad en siete estaciones meteorológicas establecidas bajo la direccion de la administracion forestal de Baviera, y expone los resultados medios generales de todas estas observaciones, que vamos á dar á conocer:

A.—La temperatura media anual del suelo arbolado y provisto de su cubierta, se ha encontrado ser más baja que la del suelo encespado, pero descubierto, en las cantidades siguientes:

(Las temperaturas se dan en grados Reaumur, las profundidades en piés bávaros.)

En la superficie.	A 1½ pié de profundidad.	A 1 pié de profundidad.	A 2 piés de profundidad.	A 3 piés de profundidad.	A 4 piés de profundidad.
1°.35	1°.35	1°.45	1°.52	1°.57	1°.51

B.—En los meses de verano (Junio, Julio y Agosto), la temperatura del suelo arbolado ha sido más baja que la del suelo descubierto:

En la superficie.	A 1½ pié de profundidad.	A 1 pié de profundidad.	A 2 piés de profundidad.	A 3 piés de profundidad.	A 4 piés de profundidad.
2°.72	2°.89	3°.10	3°.24	3°.19	3°.03

C.—En los meses de invierno (Diciembre, Enero y Febrero),

las diferencias son ménos sensibles, siendo mayores ó menores que en los suelos descubiertos en las cantidades siguientes:

En la superficie.	A 1½ pié.	A 1 pié.	A 2 piés.	A 3 piés.	A 4 piés.
—0°.09	+0°.18	+0°.10	+0°.13	+0°.01	—0°.08

D.—La temperatura máxima del verano ha sido menor en los montes que en los terrenos desnudos en las cifras adjuntas:

En la superficie.	A 1½ pié.	A 1 pié.	A 2 piés.	A 3 piés.	A 4 piés.
5°.35	4°.79	3°.31	4°.18	3°.24	3°.11

E.—La temperatura mínima de invierno nunca ha sido tan baja en los montes como en los suelos desnudos, siendo más cálidos los primeros en las cantidades siguientes:

En la superficie.	A 1½ pié.	A 1 pié.	A 2 piés.	A 3 piés.	A 4 piés.
0°.65	0°.43	0°.39	0°.49	0°.08	0°.01

F.—La temperatura mínima media de seis años de experiencias ha sido:

	En la superficie.	A 1½ pié.	A 1 pié.	A 2 piés.	A 3 piés.	A 4 piés.
En los suelos descubiertos.....	—5°.06	—2°.73	—0°.93	0°.49	1°.37	1°.91
En los suelos arbo- lados.....	—4°.41	—2°.30	—0°.54	0°.68	1°.45	1°.90.

De los resultados medios de los hechos que acabamos de exponer se deduce:

1.º Que durante el verano en los grandes calores, la influencia del monte en la temperatura del suelo es mucho más manifies-

ta que en las otras estaciones. Por término medio general, la temperatura del suelo de los montes en la superficie, y hasta cuatro piés de profundidad, es inferior á la de los terrenos desnudos en verano en 3 grados próximamente.

La temperatura máxima (en la superficie hasta medio pié) es inferior en cinco grados; la del subsuelo de 1 á 4 piés en tres grados á la temperatura de los suelos descubiertos.

2.º La influencia del monte y la de la cubierta son por el contrario casi nulas en la temperatura del suelo, durante el invierno, hecho que se explica por la presencia casi constante de una capa de nieve en esta época.

3.º El suelo forestal se hiela hasta la misma profundidad que el de las praderas, pero la temperatura del primero permanece siempre un poco más elevada que la de los segundos. En general la helada se deja sentir en ambos terrenos hasta una profundidad de un pié próximamente; pero por excepcion se hiela hasta dos piés.

4.º Respecto de la temperatura media anual, la del suelo forestal es un poco más baja (1º,3 á 1º,5) que la del descubierto.

Para terminar con el exámen de la accion que la cubierta ejerce en las propiedades físicas del suelo, réstanos sólo decir algunas palabras de la influencia de los detritus de los árboles en la porosidad de la tierra.

Por la accion de la lluvia, todo suelo ligero adquiere rápidamente consistencia y se comprime notablemente.

Si el suelo es arcilloso, la accion mecánica de la lluvia le hace al poco tiempo impermeable: el agua no penetra en el subsuelo y corre por la superficie, y al secarse se forma en la superficie de las tierras arcillosas una costra dura que opone gran resistencia al acceso del aire y á la penetracion del agua, y como consecuencia impide el desarrollo de las raíces. En los terrenos arenosos, las partículas más finas se ocultan en el interior, y la arena gruesa, en fragmentos más ó ménos voluminosos, ocupa la superficie.

Todo forestal sabe que la cubierta opone á estos cambios físicos, tan desfavorable á la porosidad del suelo, una barrera muy eficaz.

Ciertamente que el estado poroso de la superficie trae consigo una evaporacion más activa de esta parte, disminuyendo la evaporacion de las capas más profundas; las plantas jóvenes someti-

das á labores frecuentes, resisten mucho mejor á las sequías persistentes y extienden más sus raíces que las que se encuentran en un terreno compacto. La capilaridad disminuye en los suelos que se labran frecuentemente, lo que explica por completo el que la evaporacion sea en ellos menor que en los terrenos que no se labran, y de aquí se deduce que la cubierta, protegiendo el suelo de las comprensiones debidas á la lluvia, presta una gran utilidad para mantener la porosidad de los suelos forestales.

Réstanos, por fin, para dar por terminado el análisis de la obra de Ebermayer, examinar el capítulo dedicado á las trasformaciones químicas que experimenta la cubierta.

## X.

### TRANSFORMACION QUÍMICA DE LA CUBIERTA.

Formacion del humus en los montes.—Accion del oxígeno atmosférico, del agua y del calor en la alteracion de la cubierta.—Tiempo necesario para la formacion del humus en los montes.—Influencia que ejerce en el crecimiento de los árboles, la desaparicion de la cubierta de los montes.

Los dos capítulos últimos de la notable obra que nos ocupa están dedicados al estudio químico de las trasformaciones de la cubierta.

Trata el uno de las metamorfosis de la cubierta, de donde resulta la capa de humus que recubre el suelo forestal, y el otro está consagrado á poner de manifiesto los daños considerables que se causan, privando al suelo de la cubierta para emplearla como cama para el ganado de labor.

En el análisis del primer capítulo prescindiremos por completo de las nociones generales relativas al papel del humus en el suelo; nuestros lectores las conocen y no hay para qué insistir en ellas.

Al examinar la última parte de la obra de Ebermayer, seremos muy breves, porque en nuestro país, salvo algunas excepciones, no se extraen las hojas de los montes.

*Formacion del humus.*—Fácil es probar, examinando el suelo de un monte, que los diversos detritus, hojas, fragmentos de las

ramas, cortezas, piñas y frutos, etc., se alteran poco á poco, se vuelven porosos, pierden de su peso, y finalmente, por una serie de trasformaciones sucesivas, se reducen á una sustancia parda, pulverulenta, constituyendo lo que se llama el *mantillo* ó *humus*. La putrefaccion, es decir, la combustion lenta de las materias orgánicas vegetales ó animales, tiene por punto de partida y por resultado una oxidacion más ó ménos completa. Esta oxidacion es tanto más rápida cuanto las condiciones de temperatura, de humedad, de ventilacion, factores importantes de estas alteraciones, ejercen segun los años una accion más ó ménos favorables á la destruccion de los detritus orgánicos. Dejando aparte estas condiciones generales, vamos á ocuparnos con preferencia de la produccion del humus en los montes, apoyándonos en los hechos recogidos y anotados por Ebermayer.

¿En qué sitios y en qué condiciones de los rodales se producen las cantidades minima y máxima de humus? Es sabido que la fertilidad de un monte es tanto mayor cuanto más espesa es la capa de humus, proviniente del estado de espesura de los rodales y de la prohibicion de extraer la cubierta para destinarla á otros usos, y por lo tanto es de gran utilidad dar á conocer las condiciones de que depende la formacion del humus en los montes. En los rodales de edad media, y bien poblados, se forma más humus que en los rodales de edad avanzada y que presentan claros. Los montes de haya, abeto y pinabete dan más humus, por su espeso follage, que los de robles, pinos y alerces. El monte alto favorece más la produccion del humus que el medio, y éste, más que el monte bajo, donde el suelo apenas si se halla cubierto en algunos puntos. El monte alto mejora, por lo tanto, el suelo, más que ningun otro tratamiento; si en el espacio de un turno (ciento á ciento veinte años) no se quita la cubierta, se puede asegurar, con Ebermayer, que un mal suelo forestal se habrá trasformado en otro excelente. Esto mismo puede expresarse de un modo más general, diciendo que las regiones montañosas son más favorables á la acumulacion del humus que las bajas, porque en ellas precisamente se encuentran los montes altos. La orientacion con respecto á los vientos dominantes, ejerce, como es natural, gran influencia en esta produccion.

¿Cuántos años se necesitan para que la cubierta se transforme

en humus? Una respuesta general puede darse á esta pregunta:

1.º Las partes blandas, ricas en sávia, de éxtructura floja de los vegetales, oponen á la descomposicion una resistencia mucho menor que las duras, secas y leñosas. Las hojas verdes se alteran más pronto que las secas y que otros órganos muertos; la paja, el junco, la caña, se descomponen más pronto que la madera; la humificacion de las agujas del alerce y la del musgo son más rápidas que las alteraciones de las agujas del abeto y pinabete. Los tallos de los brezos, que son muy duros, como se sabe, se trasforman con mucha lentitud.

2.º Las sustancias orgánicas, ricas en nitrógeno, se descomponen con más rapidez que las sustancias no nitrogenadas.

3.º Las partes de los vegetales que contienen resina se trasforman con mucha más lentitud en humus que los órganos exentos de estos principios, porque la resina recubre la membrana celular y la protege de la accion del oxígeno; por esta razon las agujas de los pinos, pinabetes y abetos resisten largo tiempo á las alteraciones químicas, mucho más que el follage del haya, etc., y lo mismo sucede con las maderas.

4.º Los órganos ricos en tanino necesitan mucho oxígeno para trasformarse, porque el ácido tánico absorbe el oxígeno con gran avidez; explicando esto el por qué las hojas de los quercus y otras que lo contienen en abundancia y que no se hallan en contacto con una cantidad de aire suficiente, como sucede en los suelos húmedos ó recubiertos por el agua, resisten tanto tiempo á la putrefaccion, porque el tanino se apodera de todo el oxígeno á medida que el aire llega á las partes bajas donde se hallan.

Expuestas dichas hojas al libre acceso del aire y á una temperatura conveniente, el ácido tánico se descompone fácilmente y con rapidez, desapareciendo por esta combustion todo el tanino, y entónces las hojas de los robles, alisos, etc., pasan rápidamente al estado de humus.

5.º Las plantas ricas en potasa y cal se trasforman, en idénticas circunstancias, más prontamente en mantillo que los vegetales pobres en estos dos principios. Si en el tejido vegetal se halla la sílice, la descomposicion es más lenta que en el caso contrario, porque la sílice se opone, en todo ó en parte, á la accion del oxígeno sobre la sustancia orgánica. En general, por esta razon, las

plantas de los terrenos silíceos, se destruyen más lentamente que los vegetales de los suelos calizos: las agujas de los pinos (pobres en sílice) se alteran más pronto que las agujas del abeto, ricas en ácido silícico.

En fin, las influencias locales ejercen una acción incontestable en la duración de la resistencia de los restos orgánicos á las alteraciones químicas, cuyo resultado final es la producción del mantillo. Para Baviera, Ebermayer admite, como término medio, una duración de dos ó tres años (pudiendo en ocasiones retardarse hasta cuatro ó cinco) para la transformación de la cubierta de hojas, y de tres á cuatro años en circunstancias excepcionales.

Para las hojas (agujas) de los árboles resinosos, se necesitan de cinco á ocho años para la producción del humus.

Puede aceptarse, siguiendo á Ebermayer, la clasificación, en cuatro clases distintas de humus, el resultado de la descomposición de los detritus forestales, es á saber: 1.º humus fértil; 2.º humus pulverulento ó carbonoso; 3.º humus ácido, y 4.º humus astringente.

Estas cuatro formas particulares de la descomposición de las hojas y otros restos orgánicos, dependen, en las tres primeras, casi exclusivamente, de las condiciones físicas en que se encuentran los detritus. La última clase adquiere sus caracteres principales de la naturaleza química de los materiales que constituyen el humus.

El humus fértil, ó mantillo por excelencia, es el sólo cuya acción en la vegetación es siempre y particularmente conveniente. Formado en condiciones favorables de temperatura, de humedad y de aire, en suelos ricos en principios minerales útiles (potasa, cal, etc.), se encuentra en todos los montes altos de buena vegetación, en aquellos parajes donde el suelo está abrigado convenientemente del viento y de la acción directa de los rayos solares y conserva bastante humedad. Cuanto mayor es la producción de esta clase de humus, tanto más fértil es el subsuelo.

Los rodales situados en altitudes elevadas, á causa de lo bajo de la temperatura, no producen este humus perfecto, sino una clase inferior, resultado de una alteración incompleta por falta de calor, factor indispensable en toda descomposición orgánica.

Cuando los rodales se aclaran mucho, la producción del humus

fértil se paraliza: los rayos del sol, llegando hasta el suelo, desecan activamente las hojas y vegetales de la cubierta y dificultan la formación del mantillo, con gran detrimento del suelo.

Bajo el nombre de humus pulverulento, humus de brezo, se designa el mantillo que resulta de la descomposición sin estar cubierto, esto es, al aire libre y en parajes secos, y proviene de las partes muertas de las plantas. El exceso de calor y aire, y la falta de humedad, son las condiciones principales que originan la producción de esta variedad, que se encuentra con especialidad en los suelos arenosos y terrenos calizos, cálidos y pedregosos. Estos humus lo forman generalmente los restos de brezos (*Erica*, *Calluna*) y una especie de líquen (*Cladonia rangiferina*); constituyendo un polvo seco, ligero, de color pardo ó negro, de descomposición ulterior, muy difícil y poco favorable á la vegetación.

El humus ácido se produce fácilmente en los terrenos húmedos ó expuestos á ser cubiertos por las aguas estancadas y en aquellos sitios donde el aire se renueva difícilmente. La descomposición de las plantas en tales condiciones es muy lenta y siempre incompleta. Las praderas húmedas, los bordes de los lagos y estanques, los depósitos turbosos y de lignitos presentan ejemplos frecuentes de esta forma de humus. La reacción de este humus es ácida, como es fácil comprobar.

El humus ácido no se produce solamente en las circunstancias que acabamos de indicar, sino que también se forma en los terrenos arenosos y secos, cuando los principios minerales capaces de saturar los ácidos orgánicos de las materias vegetales (potasa, sosa y sobre todo cal y magnesia) faltan por completo. El mantillo pulverulento pertenece, por lo tanto, á los terrenos ácidos.

Todas las sustancias orgánicas ricas en nitrógeno (restos de los vegetales, excrementos animales) producen un mantillo neutro ó de reacción alcalina, porque en su descomposición se produce siempre amoníaco, que se combina con el humus conforme se va desprendiendo. Las materias desprovistas de nitrógeno, por el contrario, producen siempre al descomponerse un humus ácido, cuando no están en contacto con principios alcalinos capaces de saturar el ácido formado, tales como la cal, cenizas, etc. La experiencia enseña que el mantillo ácido es perjudicial á la vegetación.

cion de casi todas las especies forestales; sólo el aliso y el abedul pueden prosperar en suelos ácidos.

Las praderas *ácidas* demuestran que los vegetales herbáceos experimentan la misma repugnancia á esta clase de humus que los árboles. Las plantas forrageras de buena calidad desaparecen poco á poco de los terrenos ácidos, dejándose invadir por los juncos, cardos, etc., y ciertos musgos: si tales praderas se abonan convenientemente con cenizas alcalinas, el aspecto varía, y las leguminosas, papilionáceas, gramíneas, etc., vuelven á presentarse.

Por el contrario, ciertas plantas, tales como los brezos, las camelias, los rhododendros, etc. necesitan para desarrollarse mantillos ácidos, ó *tierra de brezo*. El drenage, la adición de cal, margas y cenizas de sales de potasa, son los principales remedios que pueden emplearse para corregir la acidez de los terrenos, perjudiciales á casi todas las plantas agrícolas.

El humus astringente es el que proviene, como lo indica su nombre, de la putrefacción de las sustancias ricas en principios tánicos, tales como las hojas de roble, aliso, abedul y brezos; pero esta variedad de mantillo es mucho más rara de lo que vulgarmente se piensa, porque el tanino y sus congéneres se alteran muy rápidamente, como hemos dicho, por su avidez por el oxígeno; así es que bajo la influencia del calor y de la humedad y en presencia de una cantidad suficiente de principios alcalinos, cal, potasa, etc., el ácido tánico se oxida rápidamente y se descompone. El lavar con agua las hojas y sustancias ricas en tanino las priva al cabo de algun tiempo de estos principios. Cuando las sustancias tánicas se introducen en el suelo y por consiguiente se las priva de la oxidación directa, resisten mucho más tiempo á la descomposición que cuando están expuestas al aire. La aereación del suelo, las margas, etc., contribuyen á la destrucción de los principios astringentes y se oponen, por consiguiente, á la producción de la variedad astringente del mantillo.

El humus fértil, rico en principios minerales, es el que más fecundidad proporciona á los suelos, modificando sus propiedades físicas; y siendo, como dice Schläsing, el principal agente que mantiene sueltas las tierras arables. Aumentar ó por lo ménos favorecer y conservar su producción debe ser uno de los principales objetos del forestal.

De el tratamiento que se siga en los montes depende la fertilidad del suelo; por esto es preciso mantener la cubierta en toda su extension é impedir la accion directa de los rayos solares sobre ella; tal es la regla que es preciso observar y cuya ejecucion interesa ante todo á la produccion regular y creciente del humus de buena calidad.

El capítulo destinado á poner de manifiesto los inconvenientes que en los montes causa quitar la cubierta, no presenta, por lo que hemos dicho, más que un interés práctico muy secundario en nuestro país; así es que nos limitaremos á consignar algunas cifras, muy interesantes bajo el punto de vista de la economía forestal.

La tabla I indica las cantidades de principios orgánicos y minerales que se quitan al suelo al despojarle de la cubierta. Para consignar las cifras en él, Ebermayer parte de las siguientes bases de evaluacion:

PESO MEDIO DEL METRO CÚBICO.

	Kilógramos.
De hojas de haya.....	81.5
Idem de abeto.....	168.4
Idem de pino.....	117.3
De musgo.....	104.0

	Kilógramos.
	Por 100.

CANTIDAD DE AGUA.	
Hojas de haya.....	18
Idem de abeto.....	15
Idem de pino.....	14
Musgo.....	20

CANTIDAD DE CENIZAS.

Follage de haya completamente seco....	5.58
Idem de abeto.....	4.52
Idem de pino.....	1.46
Musgo.....	3.09

**TABLA I.**  
CANTIDADES EXPRESADAS EN KILOGRAMOS.

NATURALEZA DE LA CUBIERTA.	Agua.	Materias orgánicas	Carbono.	Nitrógeno.	Materias minerales	Potasa.	Cal.	Magnesia.	Ácido fosfórico.	Silice.
<b>A.—POR ESTÉREO.</b>										
Follaje de haya.....	14.6	63.2	28.5	0.67	3.73	0.20	1.65	0.24	0.21	1.21
Idem de abeto.....	25.1	136.8	61.5	1.88	6.49	0.23	2.91	0.33	0.31	2.37
Idem de pino.....	16.3	99.5	44.9	1.52	1.48	0.15	0.60	0.15	0.12	0.21
Musgo.....	20.8	20.6	36.3	1.00	2.58	0.64	0.46	0.21	0.40	0.41
<b>B.—POR 100 KILOGRAMOS.</b>										
Follaje de haya.....	18.0	77.42	36.9	0.8	4.58	0.25	2.02	0.30	0.25	1.49
Idem de abeto.....	15.0	81.15	38.2	1.1	3.85	0.14	1.70	0.20	0.29	1.40
Idem de pino.....	14.0	84.74	38.7	1.3	1.26	0.13	0.52	0.13	0.10	0.17
Musgo.....	20.0	77.53	36.0	1.0	2.47	0.61	0.44	0.20	0.38	0.39
<b>C.—POR HECTÁREA.</b>										
CAIDA DE UN AÑO.										
Follaje de haya.....	722.0	3147	1498	33	185.5	9.87	81.92	12.22	10.45	60.36
Idem de abeto.....	522.0	2872	1358	30	135.9	4.82	60.94	6.95	6.41	49.60
Idem de pino.....	515.0	3138	1435	38	46.5	4.84	18.87	4.80	3.68	6.53

Inútil nos parece insistir acerca del interés que estas cifras tienen, relativamente al empobrecimiento del suelo, resultado del despojo de la cubierta; pero como el mejor razonamiento en materia de experimentación nunca alcanza á la experiencia directa, vamos á transcribir los resultados comparativos de los análisis de los suelos con cubierta y sin ella. La riqueza respectiva de estas dos clases de suelos, en principios orgánicos y minerales, es tan diferente, que no es necesario hacer comentario alguno después de exponer los resultados.

El suelo y subsuelo analizados han dado los resultados siguientes por hectárea (capa de 0<sup>m</sup>.47 de profundidad):

**TABLA II.**  
**PRINCIPIOS MINERALES (CANTIDADES EXPRESADAS EN KILOS).**

NATURALEZA DE LAS CAPAS ANALIZADAS.	PRINCIPIOS SOLUBLES EN ÁCIDO CLORHÍDRICO.						Principios solubles en agua
	Potasa.	Cal.	Magnesia.	Silicio.	Ácido fosfórico.	Ácido sulfúrico.	
<b>Suelo con cubierta (peso).</b>							
Capa superficial (50.000 kilogramos).....	113	181	126	101	185	72	1.300
Capa inmediata (16.000.000 de kilogramos).....	813	451	163	451	682	439	3.420
Capa profunda (8.000.000 kilogramos).....	4.550	3.578	975	811	4.550	1.709	
<b>Total.....</b>	<b>5.476</b>	<b>4.210</b>	<b>1.264</b>	<b>1.363</b>	<b>5.417</b>	<b>2.220</b>	<b>4.720</b>
<b>Suelo sin cubierta.</b>							
Capa superficial (9.000 kilogramos).....	7	56	28	36	33	8	585
Capa inmediata (1.663.000 kilogramos).....	553	521	65	780	569	260	2.280
Capa profunda (8.000.000 kilogramos).....	3.250	2.280	244	650	4.230	1.380	
<b>Total.....</b>	<b>3.810</b>	<b>2.857</b>	<b>337</b>	<b>1.466</b>	<b>4.832</b>	<b>1.648</b>	<b>2.865</b>
<b>Excedente á favor del suelo cubierto.</b>							
Capa superficial.....	106	-125	98	65	152	64	715
Capa inmediata.....	260	-70	08	-329	113	179	1.140
Capa profunda.....	1.300	1.298	731	101	320	329	
<b>Total.....</b>	<b>1.666</b>	<b>1.353</b>	<b>927</b>	<b>-103</b>	<b>585</b>	<b>572</b>	<b>1.855</b>

El lavado dá para los suelos con cubierta 1.315.000 kilogramos de tierra fina por hectárea; en los suelos sin cubierta 576.000 kilogramos solamente, lo cual es una diferencia de 739.000 kilogramos á favor del suelo protegido; este hecho confirma plenamente la observacion relativa á la influencia del humus en la desagregacion del suelo.

La facultad que el suelo tiene de retener el agua por imbibicion, es en los suelos con cubierta igual al 47 por 100 en la capa superior, en la inmediata 38 por 100, y en los suelos sin cubierta es sólo de 34 por 100 para la primera y 31 por 100 para la segunda.

Réstanos sólo, para terminar, ocuparnos de los principios orgánicos.

NITROGENO Y HUMUS CONTENIDOS POR HECTÁREA EN UNA CAPA DE 0<sup>m</sup>.47 DE PROFUNDIDAD.

SUELO CON CUBIERTA.	Materia orgánica.	Nitrógeno.
	Kilógs.	Kilógs.
Capa superficial.....	16.970	242
Capa inmediata.....	45.500	2.110
Capa profunda.....	77.200	6.002
<b>TOTALES.....</b>	<b>139.670</b>	<b>8.354</b>
<b>SUELO SIN CUBIERTA.</b>		
Capa superficial.....	1.718	26
Capa inmediata.....	16.420	1.073
Capa profunda.....	42.300	3.660
<b>TOTALES.....</b>	<b>60.438</b>	<b>4.759</b>
<b>EXCESO Á FAVOR DEL SUELO CON CUBIERTA.</b>		
	Sustancia orgánica.	Nitrógeno.
	Kilógs.	Kilógs.
En la capa superficial.....	15.252	216
En la inmediata.....	29.080	1.037
En la profunda.....	34.900	2.342
	<b>79.232</b>	<b>3.595</b>

Estas cifras ponen de manifiesto la influencia preponderante de la cubierta en las propiedades físicas y químicas, de las que depende la fertilidad del suelo.

Madrid 6 de Noviembre de 1878.

LUIS DE LA ESCOSURA Y CORONEL.



## ÍNDICE.

	<i>Páginas.</i>
INTRODUCCION.....	5
I. Formacion de la cubierta de los montes por la caida de las hojas de los árboles.....	7
II. Época de la caida de las hojas.....	13
III. Peso de las hojas y agujas que constituyen la cubierta de los montes.....	15
IV. Poso de la cubierta completamente seca al aire.....	24
V. Principios constitutivos de la cubierta de los montes....	23
1. Cantidad de agua de la cubiercta.....	23
2. Principios combustibles de la cubierta.....	24
3. Cantidad total de sustancia orgánica en los montes, por hectárea y por año.....	25
4. Principios inmediatos orgánicos de la cubierta.....	34
5. Principios no nitrogenados de la cubierta.....	34
6. Principios nitrogenados de la cubierta.....	35
VI. Composicion elemental de los productos forestales.....	38
VII. Cantidades de carbono asimiladas anualmente por los montes.....	39
VIII. Elementos minerales de la cubierta.....	41
1.º Cantidad de materias minerales extraidas del suelo por la produccion anual de los árboles de una hectárea.....	41
Cantidad de cenizas en las maderas.....	42
Comparacion del cultivo agricola con la produccion forestal.....	49
2.º Elementos minerales de la cubierta.—Tabla I.. ....	51
Cantidades de los mismos principios en las distintas partes de los árboles.—Tablas II, III, IV y V.....	56

Exigencias de la producción anual de una hectárea de monte en sustancias minerales.—Tabla VI.....	60
Exigencias anuales en sustancias minerales de dife- rentes cultivos agrícolas.....	62
IX. Propiedades físicas de la cubierta .....	63
Su influencia en el suelo, en el curso de las aguas, en la evaporación, etc.....	63
X. Transformación química de la cubierta. Formación del humus en los montes.....	73







Véndese esta obra al precio de DIEZ REALES en las principales librerías de Madrid.

Los pedidos de provincias se dirigirán al autor, calle de Olózaga, números 5 y 7, segundo, Madrid.