

EX-LIBRIS



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA
LUIZ DE QUEIROZ

PRINCIPIOS

DE

AGRICULTURA

ADAPTABLE AL PLAN DE ESTA ASIGNATURA
EN LOS INSTITUTOS DE SEGUNDA ENSEÑANZA,
ESCUELAS NORMALES Y GRANJAS ESCUELAS

— POR —

HERIBERTO MONTEAGUDO

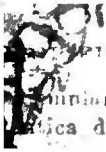
INGENIERO AGRONOMO E INGENIERO CIVIL

Catedrático, por oposición, en la Escuela de Ingenieros Agrónomos y Azucareros de la Universidad de la Habana; Profesor de Agricultura en el Colegio de Belén, y Secretario de la Junta Provincial de Agricultura, Comercio y Trabajo de la Habana.



HABANA
IMPRENTA "LA PROPAGANDISTA"
MAXIMO GOMEZ 87 Y 89
1928

Livraria João Amendolá
RUA GENERAL GOSRIO N. 150
CAMPINAS



Este número está numerado y lleva la firma
gráfica del autor.

PRIMERA PARTE

Reseña histórica de la Agricultura; Botánica
Agrícola (Nociones de Anatomía y Fisiolo-
gía Vegetales); Agrología (El suelo); Me-
cánica Agrícola y Meteorología Agrícola.

EN PRENSA:

SEGUNDA PARTE

Fitotecnia (Cultivo de plantas económicas),
Zootecnia (Cría y perfeccionamiento de los
animales domésticos), Industrias Rurales,
Economía Rural y Contabilidad Agrícola.

AL GENERAL GERARDO MACHADO Y MORALES,

Presidente de la República.

Dedico esta obra, débil testimonio de admiración, a su fecunda labor en pro de la enseñanza, y bajo cuyo gobierno se ha restablecido el estudio de la Agricultura en los Institutos de Segunda Enseñanza.

EL AUTOR

AL LECTOR

Al comenzar el curso académico de 1927 a 1928, cuando los Reverendos Padres Jesuítas me honraron encargándome de las lecciones de Agricultura en el admirable colegio que rigen en esta capital, traté de suplir la falta de un texto moderno, español, adaptado al programa de dicha asignatura, siguiendo una práctica muy corriente en las universidades y colegios americanos, por medio de copias mimeográficas, en las cuales recopilé, de excelentes libros y revistas nacionales y extranjeras, de cuanto me pareció útil para los alumnos.

Aquellas lecciones tuvieron muy favorable acogida entre profesores y alumnos de los Institutos de Segunda Enseñanza; por las dificultades de su impresión y rápida distribución, me obligaron—a pesar de las sugerencias de profesores de otras provincias—a limitar su distribución entre los alumnos del Instituto de Segunda Enseñanza de la Habana, hoy bajo la sabia, infatigable y honrada dirección de mi admirado amigo el Coronel Dr. Serafín Espinosa.

A obviar aquellos inconvenientes y respondiendo a excitaciones de amigos benévolos que creen que mi trabajo puede ser útil, tanto en el de la Habana como en los demás Institutos Provinciales, es por lo que llevo a un libro aquellas lecciones, debidamente corregidas o modificadas.

De este modo creo que coopero al éxito de una enseñanza que para gloria de nuestro Presidente y del ilustre Secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes, General José B. Alemán, ha sido restablecida por ellos en el plan de la Segunda Enseñanza, de donde nunca debió haber sido suprimida. (1)

A fin de no fatigar al lector, omito la lista completa de los libros, revistas o periódicos, donde han aparecido los trabajos

(1) Un deber de justicia nos hace consignar que, desde hacía mucho tiempo cuando regían los destinos de la República otros gobernantes, nuestro viejo maestro y luchador infatigable, el Ingeniero José Comallonga, había pedido, sin que se operara, la reparación de este error en el plan del bachillerato.

CAPITULO VI

LA VIDA DE LA PLANTA	47
----------------------------	----

Germinación.—Condiciones de la germinación.—Fisiología química de la germinación.

CAPITULO VII

LA NUTRICION DE LA PLANTA	53
---------------------------------	----

Origen de la energía de la planta.—Forma asimilable de los alimentos contenidos en el suelo.—Mecanismo de la absorción por las raíces.—Circulación de la savia bruta.—Transpiración.—Asimilación clorofiliana y fabricación de materias nutritivas por las células de las hojas.—Circulación de la savia elaborada por las hojas.—Reservas nutritivas de la planta.—Secreciones.—Respiración.—La asfixia en los vegetales.

CAPITULO VIII

EL SUELO	85
----------------	----

Su importancia.—Definición.—Formación del suelo arable.—Elementos mecánicos.—Caracteres de los elementos esqueléticos (arena, arcilla, calcáreo y humus).—Propiedades físicas de las tierras.—El agua. Su importancia.—El agua en el suelo (agua libre, agua capilar y agua higroscópica).—Tierras francas.—Clasificación de las tierras.—Tierras de Cuba.

CAPITULO IX

ELEMENTOS QUIMICOS DEL SUELO	105
------------------------------------	-----

Propiedades químicas del suelo.—Las propiedades biológicas.—Papel del subsuelo.—El análisis del suelo.—Relación de la planta con el suelo.

CAPITULO X

ABONOS	115
--------------	-----

Definición y división.—Abonos naturales (abonos vegetales, animales y mixtos).—Abonos comerciales (abonos simples o materias primas y abonos compuestos o mezclas).—Principios económicos que deben regir en la aplicación de los abonos.—La ley del minimum.

CAPITULO XI

MEJORAS DEL SUELO	139
-------------------------	-----

Enmiendas.—Riegos.—Saneamientos y drenajes.—Desmontes.

CAPITULO XII

LABORES	152
---------------	-----

Finalidad de las labores.—Profundidad de las labores.—Forma de las labores.—Número y época de las labores.—Nombre de las labores.—Dirección de la labor.—Relación entre la anchura y la profundidad de la labor.

CAPITULO XIII

INSTRUMENTOS DE LABOR	158
-------------------------------	-----

Instrumentos movidos a brazo.—Instrumentos movidos por animales, o por motores inanimados.

CAPITULO XIV

MOTORES AGRICOLAS	172
---------------------------	-----

Motores animados.—Motores inanimados.

CAPITULO XV

TERRENO CUBIERTO DE MONTE	186
------------------------------------	-----

Tumbas.

CAPITULO XVI

SIEMBRAS	188
------------------	-----

Epoca.—Cantidad de semillas.—Profundidad.—Formas de las siembras.—Cómo se ejecutan las siembras.—Sembradoras mecánicas. Caracteres de una buena sembradora.—Multiplicación de los vegetales. Diferencia entre siembra y plantación.—Cuidados que reclama la siembra (escardas, aporques, aclarado, riego, poda, desaporques).—Alternativa de cosechas.—Cultivo intensivo y cultivo extensivo.

CAPITULO XVII

MEJORAMIENTO DE LAS PLANTAS	197
--------------------------------------	-----

Genética: origen de la misma.—Los métodos de mejoras: Selección masal.—Selección genealógica o individual.—La línea pura de Johannsen (pedigree).—Efectos de la selección.—Hibridación artificial.—Las leyes de Mendel o leyes de la disyunción matemática de los híbridos.—El mejoramiento por mutación o variación brusca.

CAPITULO XVIII

NOCIONES DE METEOROLOGIA AGRICOLA 205

La atmósfera terrestre.—Temperatura.—Presión atmosférica.—Vientos.—Humedad.—Principales fenómenos eléctricos de la atmósfera.—Movimientos generales de la atmósfera. Circulación general y vientos que estudia.—Circulación secundaria de la atmósfera.—Depresión y perturbación atmosférica.—Ciclón.—Vientos periódicos locales: brisas.

CAPITULO XIX

PREDICION DEL TIEMPO 226

Cartas sinópticas.—Predicción del tiempo por medio de instrumentos.—Observación por fenómenos en la radiotelegrafía.—Observaciones por el estado de la atmósfera.—Observación por los animales y vegetales.—Utilización de la radiotelegrafía para la previsión del tiempo.—La predicción del tiempo y la astrometeorología.

CAPITULO XX

EFFECTOS AGRICOLAS DE CIERTOS FENOMENOS METEOROLOGICOS 231

Efectos de la variación de la temperatura del aire y del suelo.—Efectos de la luz.—Acción de los vientos sobre la vegetación.—La lluvia y la vegetación.—Influencia de la electricidad atmosférica sobre las plantas.

CAPITULO XXI

CLIMAS 237

Definición.—Condiciones que ejercen influencia sobre el clima.—Clasificación de los climas.—Clima de Cuba.—Influencia del clima sobre la vegetación.—Regiones agrícolas.

CAPITULO I

DEFINICION Y BREVE RESEÑA HISTORICA DE LA AGRICULTURA

1. **Agricultura.** ⁽¹⁾—La Agricultura puede definirse como el arte, la ciencia y el oficio de producir plantas y animales con fines económicos. ⁽²⁾

2. **La Agricultura como arte.**—Comprende la manera de efectuar los trabajos del campo de un modo hábil, pero no incluye, necesariamente, el conocimiento de los principios en que descansan las prácticas agrícolas. La habilidad para arar bien, para hacer una paca de heno o para manejar el ganado, indica solamente que se conoce el arte.

3. **La Agricultura como ciencia.**—Estudia los principios en que descansa la producción de las plantas y los animales, sin tener nada que ver con la habilidad del que la practica. Así por ejemplo, una persona puede conocer cómo digiere el alimento una vaca, cómo es secretada la leche, la composición de la misma y la fabricación del queso y la mantequilla, y sin embargo no saber cómo ordeñar una vaca. Se pueden conocer los principios científicos en que descansa la Agricultura, pero ignorar su arte.

4. **La Agricultura como oficio.**—La Agricultura es un oficio puesto que se practica principalmente como un medio de ganarse la vida. Generalmente el agricultor no se interesa por el arte

(1) **Agricultura.**—Voz latina compuesta de **ager**, campo, y **cultura**, cultivo, y significa arte de cultivar la tierra.

(2) Diferentes criterios dominan respecto a los límites propios de esta asignatura y de aquí esa variedad tan notable que, aparentemente, hay entre las definiciones de distintos agrónomos. Por nuestra parte, seguimos en este curso la definición del Profesor Franklin S. Harris, Profesor de Agronomía y Director de la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Utah, E. U.

y ciencia de la Agricultura excepto en lo que ellas contribuyen a su bienestar.

5. **La Agricultura a través de las edades.**—Considerada como la madre que nutre a la humanidad, la Agricultura debía pasar con ella por todas las fases de su desarrollo. Producto de una larga evolución la Agricultura de nuestros días, sus fines y los medios de que se vale para alcanzarlos, no podía ser otra cosa que el resultado de una transformación cuyo origen se remonta a una época muy lejana.

6. **Período prehistórico.**—Los primeros pobladores de la Europa habitaban en las cavernas. El hombre de las cavernas era cazador, es decir, vivía a expensas de la caza; no era agricultor ni se dedicaba tampoco a la crianza de ganados. Sin embargo, recogía los frutos silvestres y sacaba partido de los animales de que llegaba a apoderarse.

El hombre de las cavernas construía sus herramientas y sus armas de piedra, lo mismo que sus vestidos que confeccionaba con las pieles de los animales que cazaba; desconociendo por completo todo comercio e industria.

7. **Los lacustres.**—El hombre que habitó durante mucho tiempo las cavernas, según toda probabilidad, poco a poco se dedicó a construir su casa o choza que establecía bien en la tierra o sobre pilotaje. Las chozas construídas en la tierra consistían en excavaciones recubiertas de ramajes o de pieles de animales. Las construídas sobre pilotaje constituían verdaderas aldeas o pueblos nombradas **ciudades lacustres o palafitos**.

Aun cuando no se conocen documentos históricos sobre este período, las investigaciones arqueológicas revelan que los **lacustres**—así se llamaban los pobladores de las ciudades lacustres o palafitos—se consagraban a la crianza de ganados y cultivaban la tierra. (1)

En la **edad de la piedra** estos pueblos poseían el perro, razas bovinas, razas de cerdos, la cabra y el carnero. Más tarde, en

(1) “La agricultura, totalmente ignorada por los primeros europeos durante la enorme duración de centenares de siglos, parece haber sido introducida en Occidente por un pueblo venido del Asia al principio de la época neolítica, o sean 10,000 ó 12,000 años antes de Jesús Cristo” **Leplae**.

la **edad del bronce**, aparecieron nuevas razas de perros, cabras y carneros así como el caballo.

Los primeros lacustres cultivaban la cebada, la avena y distintas clases de trigo y millo; construían sus herramientas, armas y vestidos que eran mucho más numerosos y variados que los de los hombres de las cavernas.

En la **edad de piedra** el cultivo del suelo se hacía con la ayuda de la azada y en la **edad del bronce** por medio del arado.

Generalmente el cultivador no producía lo suficiente a cubrir sus necesidades y al principio, sobre todo, vivía en su mayor parte del producto de la caza y de la pesca.

Los lacustres de la edad de los metales comenzaron ya a realizar una cierta selección de las semillas y de los animales, con el fin de mejorarlos.

La construcción sobre pilotajes fué poco a poco abandonada por el hombre para establecerse ya exclusivamente sobre la tierra.

La superficie de tierras cultivadas aumentó, la caza perdió su importancia primitiva y el hombre dependió cada vez más del cultivo del suelo y de la crianza de los animales.

8. **Los celtas.**—Entramos ahora en la época de la cual poseemos los primeros documentos históricos que datan de 100 años antes de nuestra era. Suiza, Francia, Bélgica, Inglaterra y otras regiones vecinas estaban entonces habitadas por los celtas o galos que sostenían una lucha incesante, al norte, contra los germanos invasores, al sur, contra los romanos conquistadores.

Los celtas, agricultores y criadores, rodeaban sus tierras de setos vivos y las hacían servir, alternativamente, para el cultivo y pastos. Ya los celtas abonaban sus tierras con cenizas, cal y margas.

Es interesante señalar el hecho de que ya, en este momento, la población dependía de la nobleza, bien desde el punto de vista político solamente, o bien desde el punto de vista económico-político. Existía ya, así, la esclavitud integral.

9. **El Imperio Romano.**—Los romanos reinaron como dueños durante muchos siglos sobre todo el territorio que forma hoy la Suiza, la Francia, Bélgica, Inglaterra, el sur de Alemania,

España, el Austria Meridional y otras regiones más que no tardaron en correr la misma suerte.

La Agricultura romana se implantó en esas comarcas al lado de los antiguos método de explotación. La Agricultura romana, tal como ella se desarrolló en las provincias del Imperio, fué el producto de una larga evolución que había comenzado por el régimen del cultivador libre para llegar al de la esclavitud y del colonato.

Fué bajo el Imperio que se constituyeron los latifundios, siendo en las provincias conquistadas donde alcanzaron su desarrollo más perfecto. El jefe de la familia poseía el derecho de vida o de muerte sobre los suyos y sobre todo lo que le rodeaba. No se conocía la división del trabajo porque todos los trabajos eran efectuados por los esclavos.

El comercio y los cambios tenían una importancia secundaria.

La producción total del dominio o latifundio estaba regulada para satisfacer las necesidades del amo y de su casa. Conjuntamente con los latifundios existían gran número de pequeñas y medianas explotaciones que ocupaban los colonos. Estos, de condición libre originariamente, tenían que pagar censos a los propietarios; poco a poco fueron apremiados a la prestación vecinal y finalmente sujetos por el nacimiento al rincón de tierras cultivado por sus padres. El colono era ya, en esta condición, el siervo de la Edad Media, aunque distinguiéndose perfectamente del esclavo.

Numerosas clases de frutas como la cereza, ciruela, pera, melocotón, albaricoque, castaña y la uva fueron aclimatadas por los romanos en los territorios conquistados. Igualmente se deben a los romanos distintas razas de perros, razas bovinas, el caballo romano, el pavo, pato, ganso y la gallina.

10. **Los germanos.**—En los finales del siglo IV y principios del V, los germanos expulsaron definitivamente a los romanos hasta más allá de los Alpes. En la Alemania Meridional, en la Suiza Alemana y una parte del Austria, la antigua civilización romana casi desapareció. Por el contrario, en Francia, en la Suiza Romana y en las comarcas del Alto Rin, la población romano-céltica subsistió y transmitió poco a poco sus costumbres a los germanos invasores.

En las regiones alemanas los germanos se establecieron por villas. Las tierras eran repartidas entre diferentes tribus, mientras que los pastos eran considerados como de propiedad común. Se cultivaba un pedazo de tierra y después de recogida la cosecha se le dejaba transformar en pastos naturales. Este sistema de cultivo es el que se conoce con el nombre de **sistema alternativo o céltico**. El disfrute de los bosques y de la caza era absolutamente libre.

Poco a poco la propiedad territorial tomó un carácter más estable. La familia de cada hombre libre poseía un **patrimonio** compuesto de una casa con patio y jardín que constituía su propiedad privada, poseyendo también el derecho del goce hereditario sobre las tierras laborables y el de disfrute de la propiedad comunera (bosques, pastos, derechos de pesca y caza). Los patrimonios tenían una extensión de 15 a 20 hectáreas, de las que 8, aproximadamente, eran tierras laborables.

En su origen, a lo menos, tal como la practicaban los alemanes, la Agricultura no era más avanzada que la de los celtas. El comercio y los cambios tomaban poco a poco su mayor importancia, sin influir mucho sobre la Agricultura.

11. **Evolución bajo la dominación de los francos.**—Hacia la mitad del siglo VI los francos se apoderaron de todo el territorio ocupado por los germanos y bajo el reinado de Carlos-magno, sobre todo, (771-814), el antiguo estado de cosas se modificó profundamente. Se consolidaron entonces las **propiedades señoriales**. La nobleza y la iglesia se convirtieron en los propietarios soberanos de una buena parte de las campiñas. Los labriegos estaban obligados a pagar censos al **señor** y al convento y a la prestación vecinal.

El antiguo sistema de cultivo **alternativo** o **céltico** había desaparecido para dar lugar al de **rotación trienal**. La rotación trienal estaba caracterizada por la división del territorio que se cultivaba en tres parcelas llamadas: la **parcela invernal**, de los cereales de otoño; la **parcela estival**, de los cereales de primavera, y la **parcela en barbecho**, sin ningún cultivo y que servía de pasto común al ganado. Se hacían alternar sobre cada parcela los cultivos en el orden siguiente: En el primer año, al barbecho sucedían los cereales de otoño; en el segundo año, al barbecho sucedía el cultivo de un cereal de primavera, y al ter-

cer año, la parcela volvía al barbecho. Esta alternativa de cultivos era obligatoria y en la misma parcela todos los agricultores debían observar la misma rotación.

Las tierras laborables habían perdido en su totalidad el carácter de propiedad común, adquiriendo el de propiedad particular, pero permanecieron gravadas con censos de todas clases. Sólo los pastos y los bosques subsistieron aun como propiedad comunal, pero en muchos casos los señores se los cogían, quitándole así al campesino el derecho de la caza y de la pesca.

Al principio, la clase de los siervos y esclavos estaba formada totalmente por la población celto-romana sometida y por los descendientes de familias ya sometidas a los antiguos amos del país. Poco a poco, la nobleza trató de someter los campesinos libres al servilismo. Estos opusieron una viva resistencia.

12. Evolución agrícola en el curso de los tiempos modernos.— A pesar de la resistencia que opusieron, los campesinos cayeron bajo el yugo de la nobleza. Esta opresión provocó levantamientos durante los siglos XVI y XVII, pero las tentativas fracasaron y los campesinos permanecieron oprimidos. Fué en el siglo XVIII que su situación vino a ser menos precaria.

A fines del referido siglo XVIII estalló la Revolución Francesa que señaló el principio de la liberación general y la abolición de las antiguas cargas. En el curso del siglo XIX se efectuó en todos los estados europeos la libertad de los campesinos. Ese gran movimiento fué, por lo tanto, el que dió la igualdad política al campesino y le liberó enteramente de las cargas y trabas de la Edad Media; el agricultor adquirió la plena propiedad de su suelo, si bien tuvo que pagar a este efecto una indemnización y es de este pago que datan una parte de las deudas o gravámenes territoriales de algunos países. En Francia, la obra de la Revolución fué completa, porque el campesino obtuvo libremente la propiedad de la tierra.

Mientras tanto, en el curso de los siglos, el régimen de los cultivos por la rotación trienal, que ya hemos descrito, permaneció el mismo. El derecho de propiedad del campesino fué afirmándose y ya solamente tenía que pagar los censos y los derechos de traspaso, pudiendo enajenar y legar sus tierras sin necesidad de solicitar la autorización de los señores a que habían pertenecido. El campesino producía todo lo que necesi-

taba para su propio uso y pagaba bajo forma de productos una buena parte de sus censos o cargas. Después, con el aumento de la población y el crecimiento de los pueblos o aldeas—lo que dió lugar al establecimiento de un cierto cambio—el campesino fué adquiriendo el hábito de efectuar los pagos de sus cargas en dinero.

13. **El progreso agrícola.**—En el momento en que la Revolución Francesa daba al traste con el reinado de Luis XVI, la agricultura inglesa era la más progresista del mundo; la Alemania había realizado enormes progresos, mientras que la Francia estaba desde el punto de vista agrícola menos adelantada que sus potentes vecinos. Ya habían aparecido en Inglaterra las célebres obras de Jethro Tull preconizando el empleo de rotaciones racionales; se habían obtenido brillantes resultados en la cría del ganado por los hermanos Collins, creadores de la raza Durham y en la cría del carnero por Bakewell; y ya Arthur Young y John Sinclair, habían comenzado la publicación de sus grandes obras de agricultura razonada, que ejercieron una influencia considerable en el continente.

En el siglo XIX se desarrolló notablemente el cultivo de plantas industriales, porque su venta a precios más elevados que los que alcanzaban los cereales, dejaban un mayor beneficio. El progreso agrícola llegó a su apogeo hacia mediados de este siglo con una prosperidad hasta entonces desconocida. La industria agrícola vino a ser muy remunerativa y las clases instruídas y ricas se interesaron por ella, con la inversión de grandes capitales para mejoras de suelo, perfeccionamiento de los animales, etc., etc. La Inglaterra marchaba aun a la cabeza del progreso agrícola y los métodos ingleses de cultivo intensivo se introducían en Francia, Bélgica, Holanda, Alemania, etc.; el ganado, los granos y las máquinas inglesas se vendían a altos precios a los agricultores y criadores del continente europeo, y los periódicos agrícolas escritos en inglés eran traducidos al francés.

La **crisis agrícola** que provocaron los cultivadores de Estados Unidos, Argentina y Rusia en 1871-1882 al lanzar sus cereales a precios muy bajos sobre el mercado europeo, cosa que les era fácil por disponer esas naciones de enormes extensiones de tierras vírgenes y fértiles, trajo como consecuencia que todos los centros productores agrícolas de Europa comprendieran la impo-

sibilidad de luchar utilizando procedimientos agrícolas antiguos, y proclamaron la necesidad imperiosa de recurrir al cultivo intensivo, abandonando definitivamente los métodos rutinarios que la influencia inglesa aun no habían conseguido desterrar.

La acción de los gobiernos, los subsidios y consejos, la reorganización de la enseñanza agrícola en todos sus grados, y principalmente por medio de conferencias públicas sobre agricultura racional, la prensa agrícola, libros, las asociaciones agrícolas organizadas sobre bases prácticas, etc., produjeron sus efectos rápidamente y la transformación fué extraordinaria, generalizándose una agricultura realmente eficiente.

Considerada así, en su conjunto, la agricultura de la Europa Occidental, parece haber conjurado los deplorables efectos de la **crisis agrícola** provocada por la fuerte disminución del precio de los cereales, gracias al cultivo intensivo y racional.

Sin embargo, en otros países, la agricultura es aun puramente extensiva. Un cultivo extensivo, casi sin el empleo de abonos, se practica en algunas regiones de la misma Europa, Indias inglesas, Austria, parte de los Estados Unidos, Canadá, Chile, Argentina, etc.

Por último, la agricultura permanece aun con su carácter pastoril y parcialmente nómada en una parte de las Pampas de la Argentina, en el Sur de Africa, Arabia, en la región del Sahara, Asia Central, en parte de las praderas americanas, etc. En esas regiones el hombre lleva sus ganados a los pastos naturales y excepcionalmente los siembra de hierbas o leguminosas, como en Argentina y Australia.

LA AGRICULTURA CUBANA

14. **Los indios: siboneyes y tainos. Sus medios de vida.**—Según el célebre arqueólogo Harrington, existían dos civilizaciones pre-colombinas en Cuba. Una inferior, la siboney y otra más desenvuelta, la taina.

Los estudios de Harrington demuestran que la cultura siboney precedió a la cultura taina. En Oriente, donde las dos civilizaciones ocuparon el mismo territorio, los estudios realizados han comprobado que los tainos fueron los últimos en vivir en aquellos sitios.

Los siboneyes primitivos vivían como los hombres de las ca-

vernas en sus cuevas y refugios primitivos, o al aire libre, cerca de las costas o de los ríos, alimentándose de la pesca, caza y frutos espontáneos.

Los tainos construían sus viviendas en alturas, a distancia de las costas, en lugares donde encontraban condiciones de medios favorables a la siembra de maíz y yuca, y practicaban la industria del casabe.

15. **Origen de la ganadería cubana.**—Como hemos visto en lecciones anteriores, los albores de la agricultura señalan un período pastoril, es decir, de crianza de ganados.

Es probable que tal crianza tuviera su origen en el cautiverio de algún animal por el hombre primitivo, quien llevándolo a su vivienda, pudo lograr mediante sus cuidados y protección, la reproducción de la especie bajo un régimen de domesticidad.

En Cuba, los primeros colonizadores importaron ganados, para cuya crianza se prestaban admirablemente nuestras “sabanas” y muy especialmente los alrededores de Bayamo, Camagüey y Sancti-Spíritus.

El desarrollo que llegó a alcanzar esta crianza nos lo demuestra la formación de los grandes **hatos de crianza de ganado mayor** y la de los **corrales**, o de **ganado menor**; predios que llegaron a ser de tanta importancia en la vida económica del país que dió lugar a una legislación especial determinando la concesión o mercedación de esos predios, su fomento y población ⁽¹⁾. Vemos pues, que el primer desarrollo económico-rural fué el de la ganadería.

16. **La introducción de esclavos y la agricultura cubana.**—La introducción de negros esclavos procedentes de las costas africanas dió impulso a la agricultura propiamente dicha, no tan sólo por cuanto al fomento y auge de los ingenios de fabricar azúcar se refiere, sino también por cuanto atañe al cultivo de viandas, legumbres, plantas de adorno y de sombrío, por-

(1) A raíz del descubrimiento de Cuba, los Reyes Católicos confiaron a Don Diego de Velázquez el reparto de tierras a los indios. Posteriormente ese derecho se concedió a los Ayuntamientos que hacían las donaciones bajo el nombre de “mercedes”.

Las haciendas de crianza denominadas “hatos”, de forma circular, tenían dos leguas de radio, estando destinadas a la crianza de ganado mayor (vacuno y caballar). El “corral” tenía una legua de radio y estaba destinado a la crianza de ganado menor (cabrío y de cerda).

que con el aumento de la población criolla e inmigrante, no era posible ya mantenerse con el primitivo alimento de los indios, ni aun auxiliado éste con la carne de los ganados.

17. Influencias que sobre nuestra agricultura tuvieron determinados levantamientos de Haití y Santo Domingo.—Un levantamiento armado en la vecina isla de Haití, provocó en 1791 a 1804 una vigorosa corriente de emigración hacia las costas de Cuba, principalmente a Santiago de Cuba y Guantánamo. Esas familias, de nacionalidad francesa, aportaron conocimientos más adelantados de la agricultura, trayendo semillas que enriquecieron el suelo que les dió hospitalidad. Así surgieron, con nuevos métodos y nuevas cosechas, grandes plantaciones de café y de cacao que dejaron sentir muy pronto su influencia hasta Trinidad, Matanzas, Habana y Pinar del Río.

Otro levantamiento que ocurrió en Santo Domingo tuvo también gran influencia sobre la economía agrícola de Cuba. La Suprema Audiencia de los Dominios Ultramarinos de España fué trasladada a Cuba, siendo uno de sus actos de mayor importancia en su gestión jurídico-agraria la desmembración, apeo, reparto o subdivisión de esos grandes predios de crianza que ya hemos señalado, y cuyo momento económico-rural de beneficios tocaba a su término por efecto del aumento de población. Así tuvo su origen la pequeña propiedad rural y se modificaron las ordenanzas y reglamentos especiales dictados anteriormente en beneficio de la crianza de ganado suelto, desapareciendo el hecho legal de “crianza quita labranza” Como consecuencia del reparto de los grandes predios sobrevino la formación de potreros con destino a la cría, reería y ceba de ganados, especialmente vacunos y también en parte caballar, permitiendo tal sistema de potreros la producción más económica y la mejor atención del criador a la propagación de mejores ejemplares.

18. La toma de la Habana por los ingleses.—La toma de la Habana por los ingleses puso a Cuba en contacto comercial con el resto del mundo, contacto antes muy restringido, pues implantado el libre cambio comercial con Inglaterra y sus colonias, esto atrajo a nuestro puerto principal a los comerciantes y buques de Europa que llevaron al viejo continente los productos de nuestro suelo y principalmente el tabaco de Vuelta Abajo

que entonces conquistó y aun mantiene su supremacía en aquellos mercados.

19. **La Guerra de Secesión Americana y la producción azucarera de Cuba.**—Otra nueva guerra vino a favorecer el auge de la agricultura de Cuba; la de Secesión Americana. Dió al traste con los ingenios de la Luisiana y dió gran impulso a la producción azucarera de Cuba, multiplicándose los ingenios y con ello los grandes capitales del país y terminando, hasta cierto punto, la era de la fuerza animal—la del buey y caballo—en la molienda de la caña, para sustituirla por la fuerza mecánica o sea la máquina de vapor.

20. **La Guerra Grande y la abolición de la esclavitud.**—La revolución de 1868 que arrasó las Provincias de Camagüey y Oriente y causó algún daño, aunque de menos intensidad, a la explotación del resto de la Isla, trajo con la paz del Zanjón la abolición inmediata de una parte, y luego del todo, del trabajo forzado o sea de la esclavitud. A partir de este momento comienza en Cuba la labor agrícola del hombre libre con la mejora de condiciones y de producción, tal como la hemos señalado para la Europa con la liberación general de los campesinos a fines del siglo XVIII por la Revolución Francesa.

21. **La Revolución de 1895.**—La Revolución redentora de 1895 sepultó la Isla desde Maisí a San Antonio, desapareciendo la agricultura de Cuba, arrasando sus ganados, sus vegas, cafetales, ingenios y sitios de labor, estos últimos los lugares de producción de frutos menores del campesino cubano. Entonces comienza la invasión del capital americano en Cuba y con ello la industria colosal, cuya repercusión en la economía agraria cubana abordaremos en la lección correspondiente.

CAPITULO II

CIENCIAS AUXILIARES DE LA AGRICULTURA

22. Podríamos decir que lo mismo que el director de cualquier industria tiene que conocer algo de mecánica si es que utiliza las máquinas en su industria, o bien debe tener conocimientos de Química si manipula productos químicos, el agricultor tendrá que conocer perfectamente el suelo en todos sus aspectos y deberá saber algo de todas las ciencias que de un modo u otro tengan relación con su oficio.

En este sentido, para el mejor conocimiento del suelo, el agricultor tendrá necesidad de apelar, en primer término, a la **Geología**, de modo que pueda conocer el origen, naturaleza y formación de las tierras y los medios de corregir sus defectos para aumentar su fertilidad.

La Climatología y la Meteorología. Serán también necesarias estas ciencias al agricultor a fin de que, con conocimiento de causa, pueda establecer los cultivos que convengan a la región que trate de cultivar, y saber cuáles son los fenómenos meteorológicos que se relacionan con la agricultura para poder prevenirse con éxito contra los caprichos o sorpresas de la naturaleza.

En la **Botánica**, estudiará las plantas y sus funciones, y podrá conocer los medios de aumentar el número y magnitud de las plantas en un espacio de terreno dado; la **Química** le será imprescindible para el conocimiento de los fenómenos que se producen en la tierra, las substancias de que se componen las plantas y por consiguiente los abonos que se les deben suministrar. La **Entomología** y la **Zoología** le enseñará cuáles son animales útiles y perjudiciales, indicándole cuáles deben ser protegidos y cuáles destruidos.

La **Geometría** le permitirá la determinación de las áreas del campo; la **Arquitectura** elemental dará las reglas y las formas

para construir las edificaciones rurales; la **Mecánica** permitirá un conocimiento exacto de las máquinas que se utilicen en la explotación y la determinación de sus fuerzas y rendimientos; la **Hidráulica** servirá para realizar los drenajes o los sistemas de riegos que necesite el campo.

Por último, tendrá necesidad el agricultor de apelar a la **Economía Rural** y a la **Contabilidad** para organizar comercialmente su empresa, producir con beneficios y conocer el estado de sus negocios en un momento dado.

Es importante señalar que ese conjunto de conocimientos que se suponen necesarios al agricultor, no significa que para plantar o sembrar un campo con una buena recolección, sea imprescindible el profundo conocimiento de múltiples libros de ciencia; pero sí es evidente, que para el ejercicio de una agricultura racional, no rutinaria, es preciso el conocimiento y la posesión de una cultura general, con la cual podrá el agricultor inteligente vencer las dificultades que se le presenten para hacer producir a sus tierras, con el máximo de calidad y el mínimo de trabajos o gastos.

23. **La Agricultura y la Ganadería.**—Para muchos, en el orden teórico, la Agricultura es una industria aparte de la Ganadería; sin embargo, en la práctica están tan ligadas que reclaman su mutuo auxilio.

Si consideramos que todos los ganados se alimentan con vegetales, procedentes de los pastos naturales, o de los forrajes llamados artificiales, que el hombre obtiene por el cultivo del suelo, veremos que en realidad el ganado es un producto del suelo; de ahí que la Zootecnia—que es la ciencia que trata de la explotación de los animales—sea, en definitiva, una rama de la Agronomía, y la Ganadería una forma de explotación del suelo. Circunstancias que concuerdan perfectamente, con la definición que aceptamos para la Agricultura, en el comienzo de estas lecciones.

Además, la unión de la Ganadería y la Agricultura tiene grandes ventajas; la Agricultura proporciona los forrajes o vegetales apropiados para que el ganado se críe y se mantenga en buenas condiciones de salud, de engorde y aumento, y la Ganadería da al suelo, es decir a la Agricultura, el estiércol que permite man-

tener la fertilidad del suelo y también los animales necesarios para los distintos trabajos agrícolas.

Necesidad de la enseñanza agrícola.—Si la prosperidad agrícola es uno de los factores más importantes para la estabilidad económica de un país, es evidente que la enseñanza agrícola en todos sus grados y formas, es uno de los medios primordiales para alcanzar el máximo de adelanto, formando los técnicos y agricultores mejor preparados. Esta enseñanza se da actualmente en Cuba en la Escuela Primaria, Escuela Rural, Institutos de Segunda Enseñanza, Granjas Escuelas y en la Escuela Superior de Agronomía de la Universidad.

CAPITULO III

BOTANICA AGRICOLA

NOCIONES DE ANATOMIA Y FISIOLOGIA VEGETALES

24. **LA CÉLULA.**—Las plantas, lo mismo que los animales, están constituídas por órganos denominados células. ⁽¹⁾

Partes que comprende.—Una célula vegetal completa contiene: el protoplasma, el núcleo y la membrana.

25. **El protoplasma.**—Es una substancia de naturaleza proteica, de composición química parecida a la albúmina o clara de huevo. En su constitución entran cuatro elementos fundamentales que son: el carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, a los cuales se agrega siempre un poco de azufre y muy a menudo el fósforo. ⁽²⁾

El protoplasma es más o menos transparente, de consistencia gelatinosa. Se coagula por el calor, los ácidos y el alcohol.

El protoplasma vegetal está caracterizado— y por ello se diferencia del protoplasma animal—por los **leucitos** ⁽³⁾ que son pequeños granos diseminados en el protoplasma del cual se derivan.

(1) El descubrimiento de que el cuerpo de la planta está formado o compuesto de la unidad célula fué hecho por **Roberto Hooke**, quien, allá por el año 1660, con un microscopio compuesto, arreglado por él, observó la estructura celular del corcho. Las células del corcho tienen la apariencia de las celdas de un panal de cera, y esta similitud lo llevó a usar la palabra célula para la unidad estructural del corcho, extendiéndose después la denominación a todas las plantas en general.

(2) Suelen también encontrarse al estado de combinación el cloro, potasio, sodio, calcio, magnesio y el hierro.

(3) Del griego **leucos**, blancos, porque los primeros que se observaron eran de ese color.

Los leucitos pueden ser: **leucitos incoloros** y **leucitos coloreados**.

Los leucitos incoloros suelen denominarse también **amiloleucitos** por el papel que desempeñan en la formación del almidón; existen en los órganos desprovistos de clorofila como en el tubérculo de la papa, elaborando el almidón a expensas de los compuestos orgánicos por las partes verdes de la planta.

Los leucitos coloreados se dividen en: **chromoleucitos** que dan a las hojas, flores y frutos sus coloraciones especiales (rojo, anaranjado o amarillo); (1) y los **cloroleucitos** (leucitos verdes) o **corpúsculos clorofilianos**.

Tanto los leucitos incoloros, como los coloreados, tienen considerable importancia en las síntesis orgánicas de la célula: si el leucito incoloro interviene en la formación del almidón, el

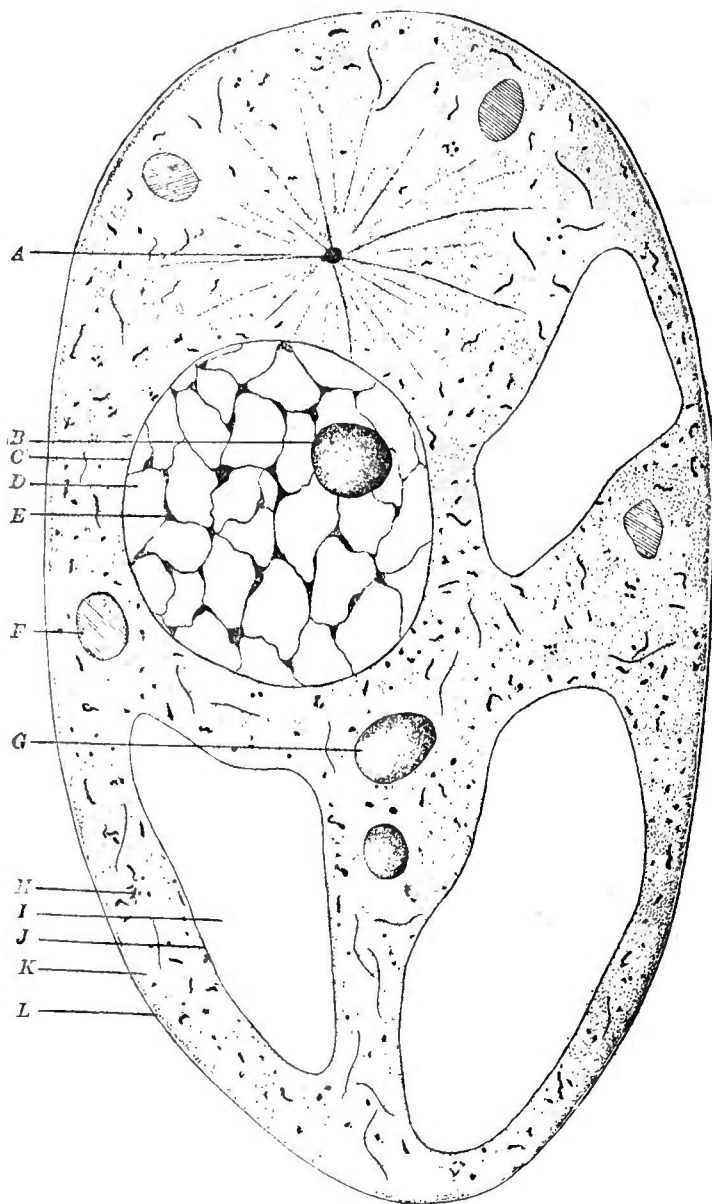


Diagrama de la célula, indicando sus principales partes: A, centrosfera (esfera de atracción); B, nucleolo; C, membrana nuclear; D, núcleo; E, reticulum nuclear compuesto de linina y cromatina; F, leucitos; G, inclusiones metaplásmicas; H, condriosomas; I, vacuola; J, membrana de la vacuola; K, protoplasma; L, membrana celular.

(1) En rojo en el fruto del tomate, en amarillo en el melón, etc.

leucito verde es el agente de la asimilación clorofiliana. La asimilación clorofiliana da origen, como veremos en lecciones sucesivas, por vía de síntesis química, a compuestos orgánicos variados.

Los hidroleucitos o vacuolas. Sólo aparecen a medida que la planta se desarrolla. Al principio, cuando la célula es joven, el protoplasma la llena por completo. Después, a medida que va creciendo, se forman en su interior cavidades o **vacuolas** que contienen agua y diversas sustancias en disolución: (jugo celular). Más tarde los hidroleucitos se fusionan para formar un hidroleucito único; el núcleo y el protoplasma son empujados sobre la pared de la membrana y acaban por desaparecer. Al desaparecer el protoplasma, la célula ha dejado de vivir. (1)

26. **El núcleo.**—El núcleo es un corpúsculo esférico u ovoide, englobado o situado en la masa del protoplasma, relativamente muy desarrollado en las células jóvenes.

En el núcleo hay que considerar: (a) una **membrana limitante** que lo separa de la masa protoplasmática, llamada también membrana nuclear. (b) un líquido, o **jugo nuclear**, semejante al protoplasma por su aspecto y propiedades; (c) el **filamento nuclear**, un largo cordón retorcido gran número de veces, y que ocupa la cavidad nuclear casi por completo; y (d) los **nucleolos**, que son uno o varios corpúsculos contenidos dentro del jugo nuclear y que representan una reserva de la sustancia del filamento. (2)

El **filamento nuclear**, por su avidez para ciertas materias colorantes, recibe también el nombre de **filamento cromático**. (3) En realidad no es todo el filamento el que se colorea: son solamente ciertos granos denominados **granos de cromatina o nucleina**, dispuestos en fila dentro del filamento, los que absorben la materia colorante; el resto del filamento, compuesto de una sustancia albuminoide denominada **linina** permanece incoloro.

27. **Esferas directrices.**—Dependientes del núcleo, y aunque colocadas fuera de él, están dos pequeños glóbulos excesiva-

(1) El protoplasma no falta nunca en la célula viva; es, como dice Huxley "la base física de la vida".

(2) Otros los consideran como sustancias resultantes de la desasimilación; su verdadera naturaleza no está aún conocida (Gravis).

(3) Del griego: **chroma**, color.

mente pequeños denominados **esferas directrices**, que desempeñan un importante papel en la multiplicación celular.

28. **Propiedades fisiológicas del núcleo.**—El núcleo representa para la célula un papel capital: asegura su nutrición y asegura su multiplicación. El núcleo, en las células sexuales, representa un importante papel en los fenómenos de la fecundación y en la transmisión de los caracteres hereditarios.

Una particularidad morfológica del núcleo es que no se carga jamás, como el protoplasma, de reservas nutritivas tales como el almidón, grasas, etc.

29. **LA MEMBRANA.**—Cuando la célula es joven, su protoplasma está limitado por una membrana nitrogenada análoga a la de las células animales; pero poco a poco se va recubriendo de una membrana externa esencialmente compuesta de celulosa $(C^6H^{10}O^5)_n$. (1)

La membrana celulósica, inerte, dá rigidez a las células y al cuerpo todo; (2) es permeable al agua y a los gases, insoluble en los ácidos, en los álcalis, en el éter y en el alcohol; disolviéndose solamente en una disolución amoniacal de óxido de cobre (reactivo de Schweitzer).

30. **Modificaciones.**—La membrana celular, constituída ordinariamente por celulosa pura cuando es joven, sufre muchas modificaciones químicas, siendo las más importantes las siguientes:

Lignificación.—En las partes duras de los vegetales, llamada madera, las membranas celulósicas se impregnan de una substancia que recibe el nombre de **lignina** y que le da una gran resistencia. Gracias a la transformación de la celulosa en lignina es que los vegetales pueden dar a sus tejidos una gran resistencia, o sostener más fácilmente sus ramas y sus hojas. La lignina es una substancia ternaria menos rica en oxígeno que la

(1) Para poner en evidencia esta membrana basta con tratar la célula por el alcohol, observándose que el protoplasma se contrae con su membrana nitrogenada (membrana protoplasmática), separándose o despegándose de la membrana celulósica.

(2) La existencia de una membrana flexible alrededor de la célula animal, y la de una membrana rígida en la célula vegetal, explica cómo los animales está dotados en general de la facultad de moverse, mientras que los vegetales son inmóviles.

celulosa, pero más rica que la cutina y la suberina, de que hablaremos próximamente.

31. Cutinización y suberificación.—La celulosa que constituye la membrana de la célula se puede transformar en **cutina**, substancia ternaria menos rica en oxígeno que la celulosa. Las células cuya membrana envolvente se transforman en cutina, son las células exteriores de la planta; la cutinización se verifica por consecuencia, desde fuera a dentro. El conjunto de capas cutinizadas constituye la **cutícula** que protege al vegetal.

En la suberificación, ocurre una transformación análoga, en las membranas de las células situadas debajo de la superficie externa de la planta; las membranas se vuelven impermeables, elásticas y muy refringentes, con brillantes reflejos. La membrana se transforma en **suberina**, substancia análoga a la cutina, y las células que han sufrido esta transformación forman el **corcho** o **suber**.

32. Gelificación.—Es la modificación que sufre la celulosa de la membrana celular al transformarse en una substancia, especie de gelatina, que aumenta de volumen en contacto con el agua. La gelificación sirve principalmente para la destrucción de ciertas membranas inútiles al organismo.

33. Mineralización.—En muchos casos, la membrana celular se impregna de determinadas materias minerales como sílice, oxalato de calcio o carbonato de calcio, que le dan una gran rigidez al tallo. Es, por tanto, un papel de resistencia y de sostén, análogo al de la lignina, el que llena la mineralización de las membranas.

34. Propiedades de la célula viviente.—Toda célula es sensible, se nutre, desarrolla energía y se multiplica.

La célula es sensible a las influencias externas y puede ser excitada por agentes mecánicos, físicos (calor, luz, electricidad) o químicos.

Se nutre, absorbiendo a través de su membrana, siempre permeable, substancias del medio exterior que son digeridas y asimiladas, es decir, transformadas en un nuevo protoplasma que regenera al antiguo. Hoy absorción de oxígeno y expulsión de anhídrido carbónico: es decir, la célula respira.

De esta oxidación resultan: 1º: Productos de desechos, (**desasimilación**), que son expulsados; y 2º: Desarrollo de energía. (1)

Desarrollo de energía.—Se puede comprobar el desprendimiento de energía en la célula en forma de energía luminosa, calórica y mecánica. La fosforescencia que producen ciertas gotitas de grasa diseminadas en el protoplasma de algunos organismos simples nos prueba la energía luminosa. La energía calórica se observa en todos los casos que las oxidaciones provocan una elevación de temperatura del protoplasma. El desprendimiento de energía calórica en toda célula es de tal suerte que los términos **vida** y **calor** pueden ser considerados como inseparables.

Con la oxidación del protoplasma se puede producir una elevación de temperatura, o la realización de un trabajo mecánico.

Multiplicación de la célula.—Es una consecuencia del crecimiento de la célula. Todo protoplasma es una parte o porción de un protoplasma anterior que se ha desarrollado y después dividido en dos o en varias masas distintas; todo núcleo proviene de la división de otro núcleo; todo plastidio (leucito) resulta de la bipartición de otro plastidio. El número de células que forman un organismo aumenta, por lo tanto, como consecuencia de una serie de divisiones celulares.

35. **LA RAÍZ.**—Es el órgano de la planta que dirigiéndose de arriba hacia abajo, se hunde en el suelo para fijar la planta y tomar las sustancias nutritivas, con excepción del anhídrido carbónico.

En la raíz debemos distinguir: la raíz que está situada en la extremidad inferior de la planta, es decir, que se desarrolla en la prolongación del tallo y se llama **raíz terminal**; y raíces que pueden nacer o aparecer a todos los niveles, a lo largo del tallo o de las hojas. Si aparecen en puntos rigurosamente determi-

(1) Como resumen podremos decir que la nutrición celular comprende un doble trabajo interprotoplásmico: de una parte, la síntesis del nuevo protoplasma, mediante la asimilación del alimento; de otra parte, la descomposición energética que produce fundamentalmente la energía indispensable para la continuidad del trabajo de la asimilación (*Belzung*). Estos dos fenómenos que aparentemente son antagónicos, en el fondo resultan estrechamente ligados, constituyendo, en su ejercicio simultáneo, la **vida celular**.

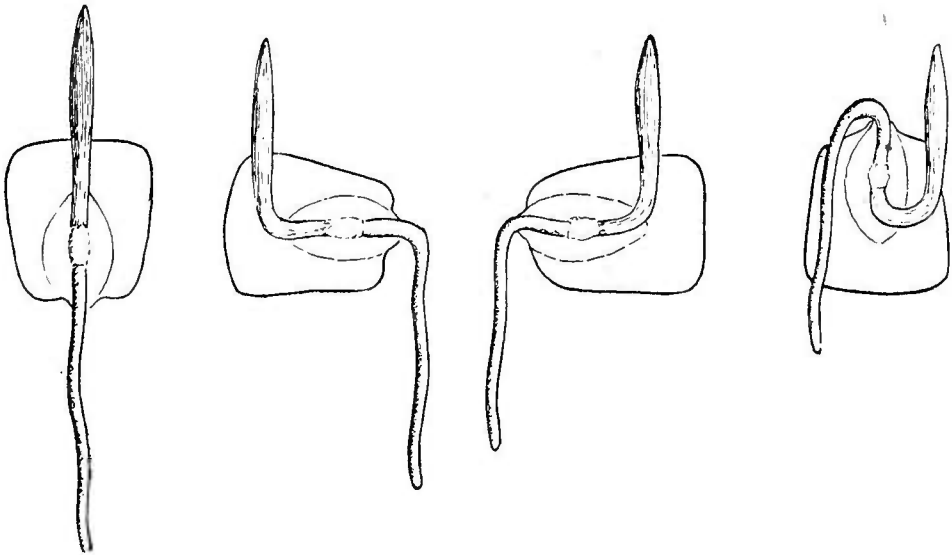
nados (hojas, yemas) reciben el nombre de **raíces laterales**, y si nacen en puntos cualesquiera se les llama **raíces adventicias**.

36. **Regiones.**—Una raíz terminal tiene cuatro regiones que son: la cofia o bonete, la región de crecimiento, la región pilífera o región absorbente y la región suberosa. La cofia es de un color más oscuro que el resto del órgano con un tejido más resistente y protege la extremidad durante el crecimiento de la raíz; la región de crecimiento, situada inmediatamente después de la cofia, es una región lisa, de algunos milímetros de largo y es el asiento del crecimiento en longitud; la región pilífera o absorbente, está recubierta de filamentos muy finos llamados pelos absorbentes que tienen por misión tomar del suelo las soluciones minerales de que se nutre la planta; y la región suberosa, desprovista de pelos, y en donde se desarrolla el corcho que la recubre después de la caída de los pelos.

El crecimiento en longitud de la raíz es subterminal. Existen un cierto número de causas que actúan sobre el crecimiento y lo modifican, a saber: la gravedad, la humedad, el calor, la luz y los contactos.

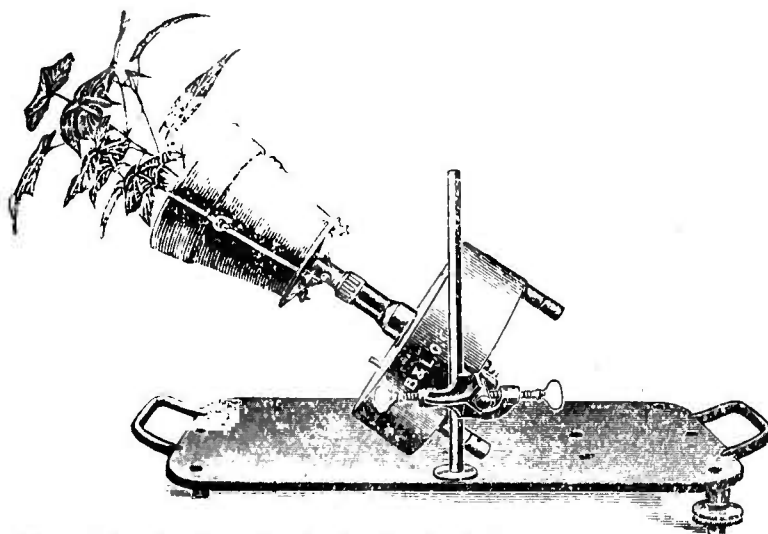
Analicemos brevemente cada una de ellas.

37. **Gravedad.**—La raíz principal se dirige siempre de arriba hacia abajo, siguiendo la dirección de la vertical, ya se le coloque horizontalmente o ya se invierta completamente. Se dice



Utilidad del geotropismo.—Cuatro granos de maíz que han germinado en diferentes posiciones, habiendo crecido en cada caso la raíz hacia abajo y el tallo hacia arriba.

que la raíz principal tiene un **geotropismo positivo**, siendo su dirección la misma que la de la gravedad. ⁽¹⁾ La acción de la gravedad se prueba por medio de una rueda sobre la que se fijan granos ya germinados o plantitas muy jóvenes y haciendo girar la rueda sobre un eje horizontal las raíces se dirigirán hacia afuera, en el sentido de los radios de la rueda. La fuerza centrífuga que se desarrolla con el rápido movimiento de la rueda sustituye a la de la gravedad.



Clinostato de Bausch & Lomb Optical Co. para el estudio del geotropismo.

Si la rueda se hace girar sobre un eje vertical, actuarán dos fuerzas: de una parte la gravedad y de otra la fuerza centrífuga que desarrolla el movimiento de la rueda. Sus efectos combinados actúan sobre las raíces que se desarrollarán siguiendo la resultante de las dos fuerzas. ⁽²⁾

(1) El geotropismo es **positivo** para la raíz, que se curva en el sentido de la fuerza que actúa, y **negativa** para el tallo; **total** para la raíz y el tallo principales que crecen siguiendo la vertical, y **parcial** para sus ramificaciones, en las cuales la dirección del equilibrio es en efecto oblicua.

(2) Esta explicación del fenómeno de la orientación de la raíz y del tallo por una **acción directriz particular** que la gravedad ~~que~~ ejerce sobre dichos órganos, aunque es la que generalmente se admite, no está exenta de opiniones contradictorias que tratan de buscar otra explicación al fenómeno.

Es evidente que si la gravedad es una fuerza **constante** y de **dirección** invariable no puede ser el factor determinante de diferente orientación para las raíces y los tallos; además, las ramificaciones de la raíz y del tallo, cuando no están perturbadas por la acción de la humedad o de la luz, es sensiblemente constante dentro de la misma especie. Por otra parte, cuando se corta la extremidad de una raíz principal, una o dos de las radículas del primer orden colocadas inmediatamente debajo de la sección, **modifican**

Existen aparatos llamados clinostatos que permiten realizar estas experiencias.

Utilidad del geotropismo.—El geotropismo es de utilidad evidente para la planta. Un grano que germina en la superficie del suelo y cuya radícula no se encontrara dirigida siguiendo la vertical descendente, no podría introducir su raíz en el suelo más que con la ayuda de una **curvatura geotrópica**. Del mismo modo el tallo que se endereza por la acción geotrópica (enderezamiento geotrópico) asegura el desarrollo de las hojas en la atmósfera.

38. **Humedad.**—Cuando una raíz, y sobre todo una radícula, se encuentra en un suelo de humedad desigual, se verá que la extremidad de la raíz se dirigirá al punto de más humedad; por eso una humedad relativamente grande retarda el crecimiento de la raíz. Se ha dado el nombre de **hidrotropismo** a esta acción de la humedad sobre la dirección de la raíz.

39. **Calor.**—Existe una **temperatura óptima** a la cual el crecimiento alcanza su máximo. La temperatura óptima varía para cada planta: para el maíz es de 33°. El límite superior que puede soportar la célula activa es alrededor de 40° C.

40. **La luz.**—Las raíces subterráneas son indiferentes a la acción de la luz. Las raíces aéreas se curvan del lado donde la

su región de crecimiento y toman poco a poco la dirección vertical para sustituir a la porción de la raíz suprimida. El fenómeno ocurre cuando se secciona el extremo de un tallo principal: la rama más próxima de la sección modifica su dirección poco a poco hasta llegar a la vertical.

Algunos autores quieren explicar el hecho como fenómenos intercelulares que modifican la orientación primitiva de esos órganos; es decir, que la orientación de las raíces y de los tallos obedece a fuerzas fisiológicas internas; preguntándose cómo la acción atractiva de la tierra puede cambiar bruscamente sus efectos habituales.

Nemec (1902), supone que la fuerza de la gravitación actúa sobre los granos de almidón, de gravedad específica superior a la de los líquidos que se encuentran a su alrededor, por lo que los granos siempre caen hacia aquella parte de la célula más próxima al centro de la tierra. La presión ejercida por esos granos sobre el protoplasma de la célula, supone él que inicia una serie de cambios protoplásmicos que traen finalmente una visible **curvatura geotrópica**. Otros autores han expuesto teorías basadas en la acción química sobre los tejidos afectados por la atracción de la gravedad.

Desde 1741, en que por primera vez fué estudiada la explicación del fenómeno por Dodar hasta nuestros días, ninguna de los trabajos publicados, en realidad, arrojan luz suficiente para explicar la naturaleza del fenómeno geotrópico.

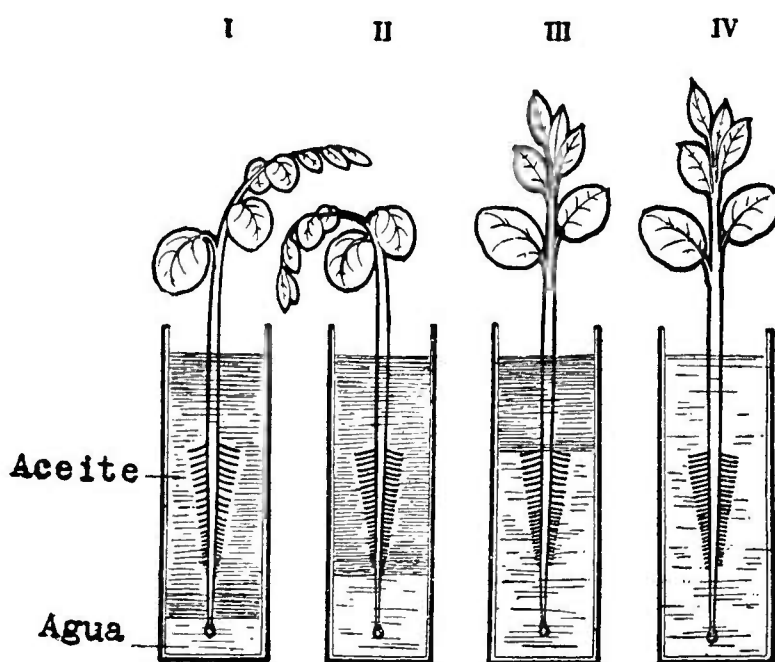
luz es más débil. Se dice que ellas está dotada de un **fototropismo negativo**.

41. **Los contactos.**—La presión que ejerce un cuerpo sólido —una piedra por ejemplo—contra una raíz, retarda su crecimiento: la raíz se curva.

42. **Funciones de la raíz.**—La raíz es un órgano de fijación, de absorción, de conducción y accesoriamente un órgano de reserva.

43. **Fijación.**—La raíz fija la planta al suelo. En efecto, la gravedad actúa sobre la extremidad de una raíz en crecimiento y la obliga, o la fuerza, a dirigirse de arriba a abajo. (Geotropismo positivo).

44. **Absorción.**—La absorción puede definirse como el paso



Experiencia para demostrar que la absorción del agua se verifica sobre todo por los pelos absorbentes.

del medio externo al medio interno y puede estar precedida o no de una digestión.

La absorción no precedida de una digestión es el caso de la absorción directa de los gases y los líquidos.

El N, O y CO² se encuentran libres o disueltos en los líquidos que bañan el suelo. La raíz absorbe continuamente el O y expulsa el anhídrido carbónico; es decir, que ella **respira**.

En el caso de los líquidos, la raíz absorbe el agua y las sales minerales que están en disolución. Estas sales—nitratos, carbonatos, fosfatos, sulfatos y silicatos—y el agua, representan casi la totalidad del alimento de las plantas. El anhídrido carbónico, que juega un papel esencial en la nutrición es absorbido por los órganos aéreos. En el vegetal todas estas sustancias absorbidas constituyen la **savia bruta**.

La absorción.—Con excepción de la región pilífera, todas las regiones de la raíz están cutinizadas y por consecuencia impermeables: es, por lo tanto, en la región pilífera, por donde se verifica la absorción.

(La comprobación de este hecho puede hacerse con cuatro planticas idénticas que se colocan en vasos conteniendo agua y aceite, del modo siguiente: En el primer vaso se introduce la raíz de modo que su cofia quede dentro de la zona del agua; en el segundo vaso se coloca la raíz de manera que la zona del agua comprenda su cofia y la región de crecimiento; en el tercer vaso se dejará dentro de la zona del agua la cofia, la región de crecimiento y la **región pilífera**; y en el cuarto vaso, conteniendo solamente agua, se colocará la plantica de modo que el agua cubra hasta el cuello de la raíz. Al cabo de poco tiempo las planticas del primero y segundo vaso se marchitan, mientras que las planticas del tercero y cuarto vaso se desarrollan igualmente).

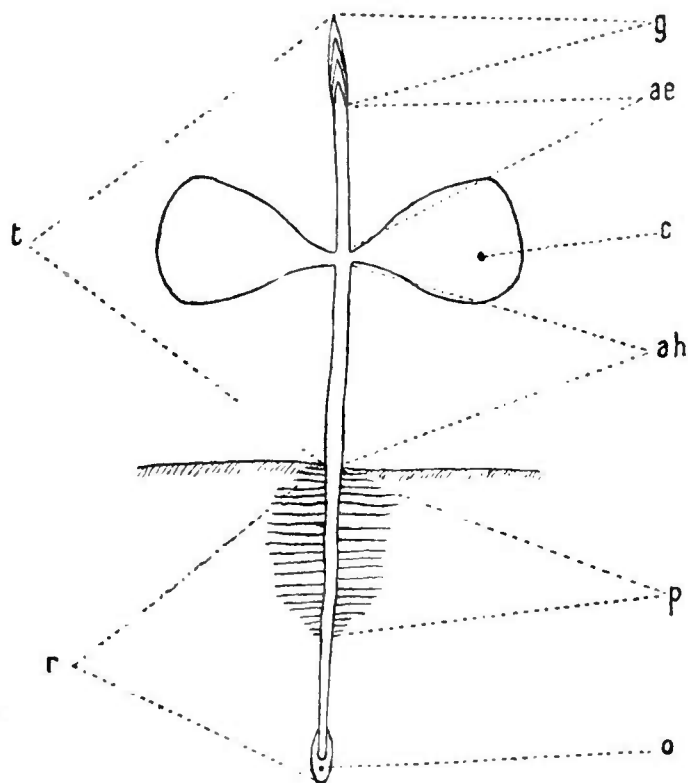
45. **Papel conductor de la raíz.**—La raíz conduce la savia bruta y la savia elaborada.

46. **Función de reserva.**—Ciertas raíces almacenan las reservas que son más tarde utilizadas. En estas raíces, llamadas tuberosas (rábano, remolacha, zanahoria, etc.) el parénquima alcanza un gran desarrollo, encontrándose sus células llenas de sustancias de reserva como almidón, inulina, azúcar, etc.

47. **TALLO.**—Cuando se coloca un grano en condiciones favorables, germina y desarrolla su embrión compuesto de la “radícula” o raicilla, el “tallecito” o “plúmula, la “gémula” o yemecita y los cotiledones.

La radícula se dirige de arriba a abajo, siguiendo la dirección de la vertical, y se cubre de pelos absorbentes; el tallecito

toma también la dirección de la vertical, pero se dirige de abajo a arriba. Si pasamos un plano perpendicular al eje de la planta por el punto de inserción del primer pelo absorbente de la radícula, habremos marcado el “cuello de la raíz”; por encima de este plano estará el tallo, debajo estará la raíz.



Esquema de un vegetal leñoso en el momento de la germinación: t, tallecito; r, radícula; g, gémula; a, cofia de la raíz; p, pelos absorbentes; c, cotiledones.

48. **Cómo crece el tallo.**—El crecimiento del tallo puede ser en longitud o transversalmente.

49. **Causas que influyen sobre el crecimiento.**—Son la gravedad, la luz, el calor y los contactos.

La gravedad.—El tallo se dirige siempre de abajo a arriba, por lo que se dice que está dotado de

un geotropismo negativo, es decir en sentido inverso a la dirección de la gravedad.

50. **La luz. Retarda el crecimiento.**—Cuando se colocan lotes de granos en germinación en la oscuridad y a la luz, las hojas del tallo de las plantitas en los lotes que se encuentran en la oscuridad están más desarrolladas que las que se encuentran en la luz.

Cuando la luz actúa solamente sobre una de las caras del tallo, éste se curva del lado de donde viene la luz. (Esto se demuestra colocando en una ventana plantas en vía de crecimiento, observándose que el tallo se inclina del lado de la luz).

51. **El calor.**—Cuando el tallo es joven, existe una temperatura óptima, variable para cada especie de planta, durante el

cual su crecimiento es máximo. Así la temperatura óptima para el caso del maíz será 33° C. Después, el crecimiento del tallo varía con las estaciones.

52. **Los contactos.**—Los contactos con los cuerpos sólidos disminuyen el crecimiento del tallo. El tallo adopta una figura cóncava del lado donde se ejerce el contacto. (Esto explica la propiedad que poseen algunas plantas de enrollarse alrededor de un soporte).

53. **Funciones del tallo.**—Es un órgano de sostenimiento, de nutrición, de conducción y de reserva.

Como órgano de sostenimiento.—El tallo sirve para sostener las hojas; y como órgano de nutrición, respira, transpira y a veces asimila. Respira porque lo mismo a la luz que en la oscuridad absorbe oxígeno del aire y expulsa anhídrido carbónico; transpira por todas sus superficies permeables exhalando vapor de agua, y asimila porque cuando el tallo está verde disocia el anhídrido carbónico de la atmósfera, expulsa oxígeno y fija el carbono sobre los elementos de la savia bruta.

Claro está que estas diversas funciones son, sobre todo, más activas en las hojas verdes, y no tienen más que una cierta importancia en los tallos jóvenes o cuando éstos permanecen verdes, o también, cuando las hojas son muy pocas, o no existen.

54. **Como órgano de conducción.**—El tallo conduce la savia bruta y la savia elaborada.

55. **Como órgano de reserva.**—El tallo puede contener materias de reserva. Así la caña de azúcar almacena sacarosa cuando su crecimiento en longitud está terminado.

56. **LA HOJA.**—Pudiéramos definir la hoja como una expansión lateral del tallo, destinada a aumentar la superficie asimiladora (asimilatriz) del vegetal.

57. **Funciones de la hoja.**—Desde el punto de vista de la nutrición del vegetal (que es el que ahora nos interesa fundamentalmente), la hoja puede ser: (a) un órgano de conducción de la savia; (b) un órgano de transpiración, de clorovaporiza-

ción y algunas veces de exudación; (c) un órgano de asimilación clorofiliana; y (d) un órgano de respiración.

58. **Funciones secundarias.**—Además de las funciones que indicamos anteriormente, la hoja puede ser: (a) un órgano de reserva; (b) un órgano de fijación; y (c) un órgano de protección.

CAPITULO IV

LA PLANTA

COMPOSICION QUIMICA DE LA PLANTA

59. **La parte volátil de la planta.**—Todas las plantas tomadas en su conjunto, así como todos sus órganos, consisten de una parte volátil y otra fija, las cuales pueden ser separadas por la combustión. La parte volátil, generalmente la mayor, se desprende por la combustión y se mezcla con el aire bajo la forma de gases invisibles; la parte fija, que en general representa del 1 al 5 por ciento del conjunto, queda bajo la forma de cenizas.

Muchos cuerpos orgánicos productos de la vida, pero que no son órganos vitales esenciales de la planta, como el azúcar, el ácido cítrico, etc., son completamente volátiles al estado de pureza por la combustión y no dejan cenizas.

60. **Elementos esenciales de las plantas.**—La Química ha demostrado que la parte volátil y destructible de los cuerpos orgánicos está formada principalmente de cuatro substancias a saber: carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, y otros dos en menor cantidad que son el azufre y el fósforo.

En las cenizas, que estudiaremos más adelante, podemos encontrar fósforo, azufre, silicio, cloro, potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro y manganeso, así como también oxígeno, carbono y nitrógeno.

Estos 14 cuerpos son llamados **elementos**, que en el lenguaje químico significa que ellos no pueden ser descompuestos en otras substancias. Todas las formas de la materia vegetal son cuerpos compuestos, es decir, están formados de elementos y pueden por tanto ser separados en sus elementos.

61. **Elementos de la parte volátil de las plantas.**—Son el carbono, el nitrógeno, el hidrógeno, el azufre y el fósforo.

62. **Carbono.**—Debemos considerar el carbono como el elemento principal de los tejidos vegetales, de los que representa un cincuenta por ciento de su peso en seco. La planta toma su provisión de carbono del aire, donde se encuentra combinado con el oxígeno en forma de anhídrido carbónico. Esta función característica de los vegetales provistos de la materia verde llamada clorofila, es un fenómeno capital mediante el cual los vegetales verdes son capaces de poner en circulación el gas carbónico producto del desecho de todas las combustiones. El carbono es el elemento característico de todos los compuestos orgánicos.

63. **Nitrógeno.**—Constituye el 77 por ciento del aire atmosférico, en peso, y es la substancia más importante en la formación de nuevos tejidos y del protoplasma viviente de las células de las plantas. A pesar de su gran proporción en el aire atmosférico, con excepción de las leguminosas que son capaces de tomarlo directamente de la atmósfera—como veremos más adelante, en el curso de estas lecciones—la planta toma el nitrógeno que necesita, por medio de las raíces, en forma de sales amoníacales o de nitratos, principalmente del suelo.

64. **Oxígeno e Hidrógeno.**—Se encuentran en todos los tejidos de la planta y forman el agua que penetra en el vegetal movida por la capilaridad y por las corrientes de la savia. Esta agua que sirve de vehículo para el transporte de los elementos nutritivos, es principalmente absorbida del suelo por las raíces conjuntamente con las materias minerales que se encuentran en solución en el agua del suelo. Solamente pequeñas cantidades de agua son tomadas del aire por las hojas.

El agua existe en toda la planta, siendo la causa inmediata de la succulencia de sus partes blandas.

La porción de agua que la planta fresca pierde por mera exposición al aire es principalmente el agua de sus jugos, o savia. Esto constituye lo que se llama el **agua libre de la vegetación**, siendo perceptible a la simple vista o al tacto. Existe otra porción de agua que queda en la planta seca, al aire, que es imperceptible a los sentidos y que solamente puede ser descubierta mediante su expulsión por el calor: es el **agua higroscópica o combinada**.

La cantidad de agua contenida en los vegetales frescos, o secos al aire, es fluctuante de acuerdo con la temperatura y la sequedad de la atmósfera, variando desde el 5 al 95 por ciento. Por cada libra de materia seca que se elabora en la planta son tomadas del suelo por las raíces de 200 a 500 libras de agua, si se trata de climas húmedos, y alrededor de 1,500 libras en los climas secos o regiones áridas.

65. **El azufre y el fósforo.**—Son de alguna importancia en la formación de las sustancias proteicas. Ambos son tomados del suelo en forma de sales. Las plantas deficientes en fósforo generalmente adquieren una coloración roja.

66. **Compuestos orgánicos de la planta o principios inmediatos.**—Estamos ya preparados para entrar en el estudio de los compuestos orgánicos que constituyen la estructura de la planta y que son elaborados, mediante agentes químicos, con los elementos carbono, oxígeno, hidrógeno, fósforo y azufre, que acabamos de ver.

Estos compuestos orgánicos, o principios inmediatos, los agruparemos como sigue:

- 1.—Carbohidratos.
- 2.—Ácidos, grasas y aceites vegetales; y
- 3.—Cuerpos proteicos.

67. **Carbohidratos.**—Este grupo presenta tres subdivisiones:

Amilosas o polisacáridos: comprenden la celulosa, almidón, dextrinas y gomas. Tienen la fórmula $(C^6H^{10}O^5)^n$ conteniendo un múltiplo de 6 átomos de carbono en la molécula.

Glucosas o monosacáridos: incluyen la dextrosa, levulosa, galactosa y azúcares similares. Tienen la fórmula $C^6H^{12}O^6$ con 6 átomos de carbono en la molécula.

Di-sacáridos: comprenden la sacarosa, maltosa, lactosa y otros azúcares. Su fórmula en la mayor parte de los casos es: $C^{12}H^{22}O^{11}$ conteniendo 12 átomos de carbono en la molécula.

Debido a su abundancia y uso los carbohidratos constituyen la clase más importante de las sustancias vegetales. El nombre de carbohidrato viene de estar formados estos cuerpos de carbono, hidrógeno y oxígeno, estando siempre presente los últimos dos elementos—hidrógeno y oxígeno—en las mismas proporciones que se hallan en el agua.

Los carbohidratos, especialmente la celulosa y el almidón, forman casi la mayor parte de toda la materia seca de la planta.

Almidón.—Es el primer producto visible formado en el proceso de la asimilación clorofiliana. Existe más abundantemente en las raíces, semillas y tubérculos de las plantas, almacenado en aquellas partes relacionadas con nuevos brotes o crecimientos. Durante el crecimiento de la planta el almidón es elaborado en las hojas de todas las plantas verdes; en la madurez el almidón es almacenado en la semilla o tubérculo. Se le encuentra en las células vegetales bajo la forma de gránulos. Cada planta posee una forma especial, características, del grano de almidón.

Cuando se calienta el almidón por encima de 120 grados centígrados se transforma en **dextrina**, que es soluble en agua y más fácil de digerir que el almidón. En presencia del iodo el almidón se colorea de azul. Es su reacción característica.

En la semilla, el almidón constituye un alimento de reserva para el uso de la nueva planta antes de que ésta esté en condiciones de obtener su propio alimento; en las raíces y tubérculos, también se le encuentra almacenado con el mismo fin. Su valor como nutriente es valioso y una vez digerido produce calor y energía.

En los granos la cantidad de almidón varía de 50 a 75 por ciento del peso de la materia seca. En el heno y otros forrajes solamente llega a un dos por ciento.

Celulosa.—Toda planta es un agregado de células microscópicas. La cubierta exterior o pared de la célula vegetal consiste principalmente de celulosa. Esta sustancia es por consiguiente el esqueleto o armazón de la planta y la que le da rigidez y solidez a sus partes. Después del agua, la celulosa es el cuerpo más abundante en el mundo vegetal. Casi todas las plantas contienen celulosa en todas sus partes, pero es más abundante, re-

lativamente, en los tallos y en las hojas. En las semillas forma una gran porción de la cáscara, corteza u otra cubierta exterior, pero en el interior de la semilla existe también celulosa en pequeña proporción.

La Inulina es otro material de reserva. Tiene propiedades similares a la dextrina, siendo soluble en el agua. La inulina es un isómero del almidón.

Gomas.—Son hidratos de carbono que pertenecen al grupo de los amilosas. Se hallan muy difundidas en el reino vegetal y son productos de secreciones o degradación de tejidos. Las más importantes son: la goma arábiga, la goma cerezo, la goma tragacanto que viene de Persia y Siberia y los llamados mucílagos vegetales que se encuentran en las semillas del lino, limón y otras partes de muchas plantas.

Glucosas.—Responden a la fórmula $C^6H^{12}O^6$ y comprenden: la **glucosa propiamente dicha o dextrosa** que tiene su origen en los órganos verdes de las plantas mediante la asimilación del anhídrido carbónico: también se le puede obtener por hidratación del almidón: $C^6H^{10}O^5 + H^2O = C^6H^{12}O^6$

Como indicamos al hablar del almidón anteriormente, el almidón de los cuerpos clorofilianos parece ser el primer producto de la asimilación del anhídrido carbónico; ahora debemos agregar que la glucosa de los jugos celulares también parece ser el resultado de la transformación del almidón elaborado previamente.

La **levulosa o fructosa** existe conjuntamente con la glucosa en los jugos vegetales (uvas, etc.).

Los términos dextrosa y levulosa provienen de dos propiedades ópticas, inversas, que diferencian perfectamente estos dos azúcares isómeros.

La **sacarosa** tiene por fórmula $C^{12}H^{22}O^{11}$. Su tipo es el azúcar de caña o de remolacha. Constituye una reserva hidrocarbonada de las de mayor importancia, almacenándose en los tallos y raíces de ciertas plantas como ocurre en la caña de azúcar y en la remolacha.

La sacarosa se desdobra por la acción de la invertina al ser utilizada por el vegetal dando glucosa y levulosa. La invertina es una diastasa que se caracteriza por la propiedad de transfor-

mar el azúcar de caña—sacarosa—, que es un alimento inasimilable para la planta, en azúcar invertido, mezcla equimolecular de glucosa y levulosa. (1)

La **maltosa** que se forma transitoriamente durante la sacarificación del almidón en los granos, mientras ocurre la germinación, es también una sacarosa; pero sus propiedades son muy diferentes a las del azúcar de caña.

68. **Ácidos vegetales.**—Casi todos los vegetales hasta hoy estudiados contienen uno o más ácidos orgánicos peculiares a cada planta. Los ácidos vegetales raramente se presentan en estado libre sino que lo hacen unidos a metales o bases orgánicas en forma de sales. Entre los principales ácidos vegetales citaremos, como ácidos grasos, el ácido acético formado en la fermentación acética del alcohol, y cuyo ácido en estado libre, existe en el vinagre; el ácido butírico que se presenta en la mantequilla rancia, cuyo olor desagradable se debe a la presencia de dicho ácido; los ácidos oxigrasos, que difieren de los grasos por tener un átomo adicional de oxígeno, entre los cuales citaremos al ácido glicólico que existe en los jugos de las plantas y el ácido láctico que es el ácido que se forma en el cuajo de la leche a expensas del azúcar de leche.

Los ácidos grasos y oxigrasos que hemos descrito son monobásicos. Existe otra categoría de ácidos bibásicos como el oxálico, málico, succínico, tartárico y el cítrico, que también se presentan en las plantas.

69. **Grasas y aceites.**—En algunos casos las plantas almacenan carbono en forma de grasa, la cual es sólida a la temperatura ordinaria, o en forma de aceite, que es líquido. Tal reserva es posible porque las grasas y aceites son formados con los mismos elementos que existen en los carbohidratos, es decir, el carbono, hidrógeno y oxígeno.

En las grasas y aceites vegetales, las moléculas están compuestas de mayor número de átomos que en el caso de los azúcares y otros hidratos de carbono; siendo la proporción de carbo-

(1) Véase el núm. 86.

no muy grande, según puede verse en las fórmulas de estos tres aceites o grasas vegetales bastante comunes:

La estearina	$C^{57}H^{110}O^6$
La palmitina . . .	$C^{51}H^{98} O^6$
La oleína	$C^{57}H^{104}O^6$

Las grasas y aceites vegetales cuando se queman dan más calor que los carbohidratos debido a que contienen relativamente más carbono. Los aceites y grasas son muy abundantes en las semillas de las plantas y representan la energía del carbono almacenada en forma condensada.

70. **Cuerpos proteicos o proteínas.**—Abrazan todos los compuestos de la planta que contienen nitrógeno, circunstancia esta última característica del grupo.

La formación de las proteínas tiene lugar en el protoplasma de las células vegetales. A esos centros de vida, con su materia colorante verde, en donde ha tenido lugar la formación de los carbohidratos y grasas a expensas del gas carbónico, del agua y de la energía solar, son arrastrados por las corrientes de la savia los nitratos y otras sales minerales, que con los azúcares y almidones forman un nuevo grupo muy complejo, denominado **proteínas**.

Estos cuerpos, las proteínas, que son siempre necesarios para el crecimiento, aunque se encuentran en alguna proporción en todas las partes de la planta, se hallan acumulados principalmente en la semilla. Las investigaciones de los químicos nos demuestran que, aproximadamente, un 16 por ciento de la proteína de la planta es nitrógeno.

Las **amidas** pueden considerarse como las piedras del edificio de las proteínas, porque de ellas construyen las plantas la proteína más perfectamente organizada; y cuando tiene lugar la descomposición de esa proteína vuelven a reaparecer esos cuerpos más simples. Como las amidas son solubles en los jugos de la planta, de ahí que sean transportables, pudiendo ser arrastrados por los jugos a toda la estructura de la planta donde fueren necesarios.

Las proteínas forman la base del protoplasma viviente de todas las plantas y animales, siendo por lo tanto esencial a todas las formas de vida.

71. **Las cenizas de la planta.** — Quemando una planta en contacto del aire queda siempre un residuo blanco o agrisado que recibe el nombre de **ceniza**. Las cenizas contienen las materias minerales que la planta ha absorbido del suelo para formar sales con los elementos que constituyen la parte orgánica de la planta.

La ceniza, o parte ~~de~~ volátil de la planta, también contiene o puede contener carbono, oxígeno, azufre y fósforo; pero en general, la ceniza está formada principalmente por otros ocho elementos cuyos compuestos comunes son fijos o no volátiles.

Así pues, los 12 elementos que se encuentran en las cenizas de las plantas se agrupan como sigue:

Metaloides	Metales
Oxígeno.	Potasio.
Carbono.	Sodio.
Azufre.	Calcio.
Fósforo.	Magnesio.
Silicio.	Hierro.
Cloro.	Manganeso.

Algunas veces se encuentran en las plantas otros elementos como el iodo, bromo, fluor, etc., pero no tienen importancia especial.

Como el carbono, oxígeno, hidrógeno y azufre han sido ya tratados al estudiar los elementos volátiles de las plantas, aquí solamente hablaremos del silicio, cloro, potasio, sodio, magnesio, hierro y manganeso.

Silicio.—El silicio no parece esencial para el completo desarrollo del vegetal. Su papel más importante está en la armazón o esqueleto de determinados órganos como el tallo y generalmente las hojas. La gran proporción de silicio encontrada en las gramíneas llegó a estimarse como una prueba de la necesidad de este elemento para fortalecer las paredes de las células, pero experiencias realizadas posteriormente han comprobado la posibilidad de hacer cultivos de gramíneas en soluciones libres de silicio.

Cloro.—Aunque está considerado como no esencial, sin embargo, parece que su presencia es necesaria en la planta para obtener un crecimiento saludable, actuando como estimulante.

Potasio.—Se supone tiene influencia en la formación de los carbohidratos. Cuando no existe suficiente cantidad de potasio en el suelo el crecimiento de la planta se paraliza y en sus hojas no se desarrolla la función clorofiliana. Es tal la influencia del potasio que horas después de aplicado a una planta que ha estado privado de él, se puede apreciar la presencia del almidón, elaborado por aquella función, en los granos de la clorofila.

Sodio.—Son pocas las plantas que carecen de él. Es tomado en grandes cantidades en forma de cloruro de sodio por grupos de plantas salinas o algas marinas. Se encuentra en los tejidos conjuntamente con el potasio, pero no puede sustituirle en su esencial papel de productor de carbohidratos, tal como lo hemos señalado en el párrafo anterior.

Calcio.—Tiene su principal función en fortalecer las paredes de la célula, dentro de las cuales se deposita algunas veces en forma de cristales de carbonato de calcio.

Magnesio.—Actúa conjuntamente con el nitrógeno en la formación del protoplasma y de la clorofila. Las plantas que carecen de este elemento solamente forman granos de clorofila de un color verde amarillo.

Hierro.—Es necesario también y participa de la función clorofiliana. La ausencia del hierro se nota en la palidez de las hojas y puede provocar el cese de la asimilación.

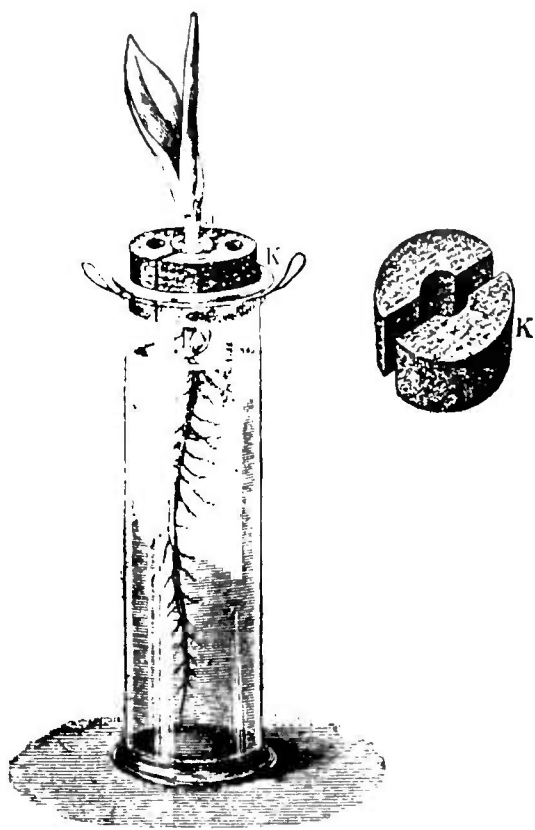
Manganeso.—Su presencia es constante en todas las plantas, y los órganos que realizan la función clorofiliana, parecen ser los más ricos en manganeso.

72. **Sales.**—Las cenizas contienen carbonatos, sulfatos, fosfatos, cloruros y silicatos que resultan de la unión de los metaloides o elementos ácidos con los metales o con sus óxidos. Las hojas del tabaco, girasol y otras plantas contienen frecuentemente nitratos, y cuando se queman, el ácido nítrico es descompuesto y el metal queda en la ceniza bajo la forma de carbonato.

73. **Elementos esenciales.**—Los elementos esenciales de las cenizas son el potasio, calcio,

magnesio, hierro, fósforo, y azufre. Los no esenciales son el sodio, silicio, cloro y el bromo.

Los elementos esenciales toman una parte directa en la formación de los tejidos de la planta. El papel de cada uno de los elementos de las cenizas se conoce desde hace poco tiempo. Antiguamente se creía que los elementos que constituyen las cenizas eran accidentales, y que las plantas al tomar el agua del suelo, no podían separar o dejar fuera las sustancias terrosas solubles, pero los experimentos de **cultivos en agua** han demostrado la necesidad y



Vaso para cultivos en líquidos.

las funciones de los distintos elementos. (1)

(1) **Cultivos en líquidos.**—A veces denominadas también **cultivos en agua**. Son soluciones muy diluidas de sales minerales de composición conocida en que se cultivan los vegetales.

Se conoce un número bastante grande de soluciones nutritivas. Las plantas en estas soluciones se desarrollan normalmente si la solución tiene todos los elementos que necesita el vegetal. Una solución "normal" que usamos con éxito en el Laboratorio "Monteagudo" de la Escuela de Ingenieros Agrónomos y Azucareros de la Universidad es la siguiente:

Nitrato de calcio, 6 grs.
Nitrato de potasio, 1.5 grs.
Sulfato de magnesia, 1.5 grs.
Fosfato neutro de potasio, 1.5 grs.
Cloruro de Sodio, 1.5 grs.
Agua destilada, 600 c.c.

Se preparan otras soluciones semejantes suprimiendo en cada una de ellas el calcio, el potasio, magnesio, los nitratos, o los fosfatos. Entonces el desarrollo del vegetal cultivado estará en consonancia con la importancia del elemento que se ha suprimido.

CAPITULO V

ORGANOS REPRODUCTORES DE LAS PLANTAS

74. **Modos de reproducción.**—Las plantas se reproducen de varias maneras: las plantas celulares más simples no presentan evidencia de órganos especiales de reproducción, sino que se propagan entre sí solamente por el proceso de división que sabemos comienza en el protoplasma; las plantas inferiores llamadas criptógamas, por carecer de flores, incluyen las bacterias, algas, hongos, musgos, helechos, etc., y se reproducen ellas mismas en parte por **esporos**, cada uno de los cuales es una simple célula, pequeña, capaz de desarrollarse en una planta semejante a aquella de que procede.

Las plantas superiores llamadas fanerógamas tienen órganos especiales reproductores, contenidos en sus **flores**, cuya función es producir la **semilla**, con su parte esencial llamada **embrión**. Este **embrión** es una planta ya formada, en miniatura, que puede crecer dentro de una completa semejanza con sus padres.

75. **La flor.**—En las plantas superiores el crecimiento progresivo del tallo o de sus ramas no se halla limitado necesariamente hasta que de las yemas terminales, en lugar de hojas, sólo se abren flores. Cuando esto acontece, como en el caso de la mayor parte de las plantas anuales y bienales que se cultivan en jardinería o en agricultura, la energía vegetativa generalmente ha alcanzado su desarrollo más completo y la función reproductora comienza a prepararse para la muerte del individuo, proporcionando las semillas que han de perpetuar la especie.

A veces no hay diferencia aparente, al principio, entre las yemas de las hojas y las yemas de las flores, pero comunmente, en los últimos períodos de su desarrollo o crecimiento las yemas de las flores se distinguen perfectamente de las yemas de las

hojas por su tamaño más grande y por su forma peculiar, o su color.

La flor es una rama corta que lleva consigo una colección de órganos que no obstante tener poca semejanza con el follaje, pueden ser considerados como hojas más o menos modificadas en su forma, color y funciones.

La flor presenta comunmente cuatro clases de órganos diferentes, que son: el **cáliz**, la **corola**, los **estambres** y **pistilos**.

El **cáliz** es la envoltura floral más externa, generalmente de color verde. Cuando consiste de varias hojas estas reciben el nombre de **sépalos**.

La **corola** está constituida por una o varias series de hojas situadas dentro del cáliz. Cuando la corola se divide en hojas separadas, éstas reciben el nombre de **pétalos**. La corola puede ser de algún otro color, aparte del verde, presentando a menudo peculiaridades de forma y gran delicadeza de estructura, dando con ello belleza a la flor. Si los pétalos son independientes unos de otros, la corola es dialipétala, y cuando los pétalos están reunidos, recibe el nombre de gamopétala.

Los **estambres** son generalmente órganos blandos y filiformes, terminados por un saco oblongo, llamado **antera**, el cual, cuando la flor alcanza su completo crecimiento, descarga un polvo fino, amarillo o carmelita, denominado **polen**. Tanto la **antera**, como los granos del polen, casi siempre varían en su forma para cada clase de planta.

Los **pistilos** ocupan el centro de la flor perfecta. Muy variables en su forma, siempre tienen en su base el **ovario** en el cual se encuentran los óvulos o semillas rudimentarias. La parte terminal del pistilo está desprovista de la epidermis que cubre todas las otras partes de la planta y recibe el nombre de **estigma**.

Como hemos notado anteriormente, los órganos florales pueden considerarse como hojas modificadas; o bien, todos los apéndices del tallo—las hojas y las partes de la flor, juntas—son desarrollos diferentes de una estructura fundamental.

La exactitud de esta idea está comprobada por múltiples transformaciones a menudo observadas.

La rosa en su estado natural tiene una corola con 5 pétalos, pero tiene también una multitud de estambres y pistilos. En un sabelo rico, o como efecto de un buen cultivo, casi todos los

estambres pierden su función reproductora y su estructura propia y se convierten en pétalos. La flor se hace **doble**. En el tulipán, la amapola y otras flores de jardín, podemos ver también esta interesante metamorfosis, y podremos observar también en algunas las distintas etapas intermedias entre el pétalo perfecto y el estambre inalterado.

Por otro lado, la reversión de todos los órganos florales en hojas ordinarias verdes ha sido observado con frecuencia en el caso de la rosa, trébol blanco y otras plantas.

Aun cuando la flor completa consiste de las cuatro clases de órganos ya descritos, solamente los estambres y pistilos son esenciales para la producción de la semilla. De acuerdo con esto la flor será una **flor completa** aun en la ausencia del cáliz y la corola. La flor del trigo sarraceno no tiene corola, sino un cáliz blanco o rosáceo.

En algunas plantas los estambres y pistilos nacen en flores separadas. Estas plantas reciben el nombre de **monoicas**, de las que el maíz, melón, calabaza, etc., son ejemplos.

Las **plantas dioicas** son aquellas que llevan las flores de ambos sexos en individuos diferentes de la misma especie.

Los **nectarios** son órganos especiales—glándulas o tubos—que segregan un jugo azucarado o néctar, el cual sirve de alimento a los insectos. La madreselva es un ejemplo.

76.—**Fecundación y fructificación.**—La gran función de la flor es la fructificación. A este efecto, el polen deberá caer directamente, o ser llevado por el viento, insectos u otros agentes, a la extremidad desnuda del pistilo. Ya así situado, cada grano de polen se hincha, brotando de su interior un delicado tubito (llamado **tubo polínico**) que penetra en el interior del pistilo hasta entrar en el **ovario**. Por su contacto con los **óvulos** se forma un **germen** o **embrión**. Cuando esto tiene lugar, la planta **está fecundada** y empieza a crecer. En lo adelante, la corola y estambres generalmente se marchitan, mientras que la base del pistilo y los óvulos inclusive, rápidamente aumentan de tamaño hasta que las semillas alcanzan su madurez.

La **autofecundación** tiene lugar cuando los óvulos son impregnados por el polen de la misma flor. En muchas plantas la autofecundación es favorecida por la posición de los órganos,

de modo que cuando el polen ya maduro es descargado no falla en caer sobre el estigma.

77. Fecundación cruzada.—Resulta del contacto del polen de una flor con los óvulos de otra.

En las plantas monoicas, como la calabaza, las flores de una clase dan polen, y otras diferentes contienen los óvulos. De modo que dos flores distintas y más o menos distantes, son necesarias para la producción de la semilla.

En las dioicas la planta que produce el polen nunca lleva óvulos, y la que contiene o lleva los óvulos, está a su vez desprovista de polen. Así pues, es necesario que dos plantas distintas cooperen para la formación de la semilla.

En muchas flores la posición es tal que la auto-fecundación se dificulta o se hace imposible. La función de los insectos en busca del néctar, o atraídos por los aromas, es aquí indispensable. El insecto al explorar la flor deja sobre sus estigmas el polen tomado de la flor que últimamente había visitado.

78. Hibridación.—Del mismo modo que la unión sexual de animales de especies completamente diferentes da como resultado un híbrido, así también en el caso de las plantas los óvulos de una clase (especie o aún género) pueden ser fecundados por el polen de otra clase diferente. La semilla así desarrollada, en su crecimiento, produce una planta híbrida. Tanto en los animales como en los vegetales los límites dentro de los cuales la hibridación es posible parecen ser muy estrechos. Es solamente entre plantas estrechamente emparentadas que la fecundación tiene lugar.

Los híbridos son por lo general menos productores de semillas que las plantas de que proceden, y algunas veces son completamente estériles: sin embargo, son más vigorosos en su desarrollo vegetativo, produciendo mayores y más numerosas hojas, flores, raíces, etc., y tienen una vida más larga que sus progenitores. Esta es la razón porque los híbridos son de tanta importancia para el agricultor.

Más adelante, en el curso de estas lecciones, estudiaremos en las "Mejoras de las plantas", los fenómenos de herencia que en este punto interesan a la Agricultura.

79. **El fruto.**—Después de la fecundación el ovario se diferencia, por maduración de sus paredes, transformándose en **fruto**. El fruto comprende el pericarpio y la semilla, conjuntamente con varios de sus apéndices.

El fruto puede ser dehiscente, cuando el pericarpio se abre y muestra su semilla, o es indehiscente cuando continúa cerrado.

El pericarpio está formado por la base del pistilo en su estado de madurez, presentando una gran variedad, formas y caracteres que sirven precisamente para definir las diferentes clases de frutos. Aquí solamente hablaremos de las clases más corrientes y que son más importantes para el Agricultor.

La **nuez** tiene una cubierta huesosa, indehiscente, que generalmente contiene una sólo semilla. Ejemplos de estos son: la bellota, la nuez, la avellana.

La **drupa** es una nuez envuelta por una cubierta carnosa como la cereza y la ciruela, melocotón, etc.

La **poma** es un término que se aplica a los frutos tales como la manzana y la pera. Su corazón es el verdadero pericarpio, que originalmente pertenece al pistilo, mientras que la parte comestible es el cáliz enormemente alargado y ensanchado.

La **baya** es un fruto de muchas semillas con el pericarpio grueso y blando como sucede con la uva, grosella y el tomate.

El melón, la calabaza, el pepino y la güira tienen una cubierta extremadamente dura pero son carnosos interiormente.

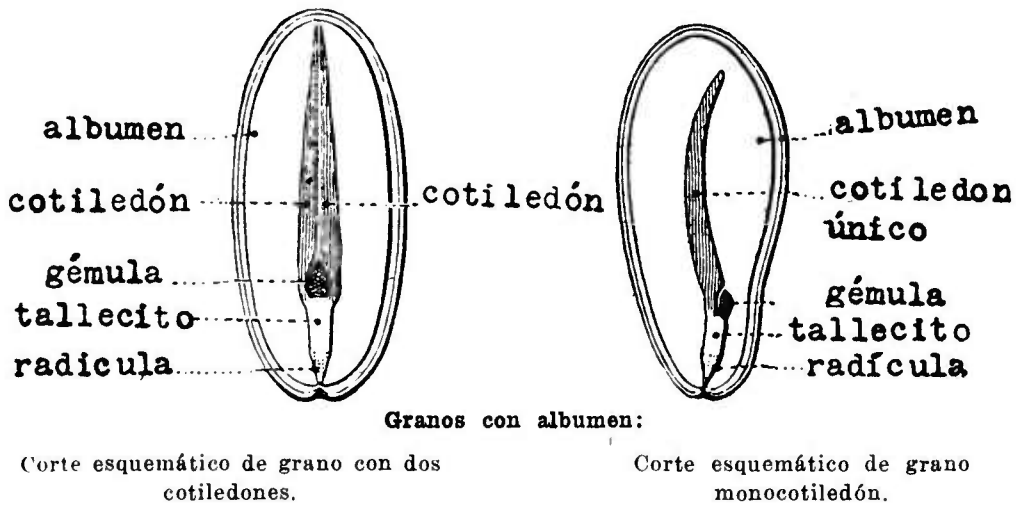
Aquenios son frutos conteniendo una sólo semilla con el pericarpio más o menos unido a la semilla. Pueden citarse el girasol, diente de león, etc. Si se remueve el pericarpio o cubierta exterior se encuentra dentro la verdadera semilla. Cuando el grano está soldado fuertemente al pericarpio el aquenio toma el nombre de **cariópside**, fruto característico de las gramíneas, como el grano del trigo, etc. Por último, el aquenio con el pericarpio a manera de alas, toma el nombre de **samara**, como en el olmo, la semilla de Guatemala, etc.

La **vaina** o **cápsula** es el nombre que se da al lugar donde se aloja la semilla, la cual se abre esparciendo sus semillas cuando están maduras.

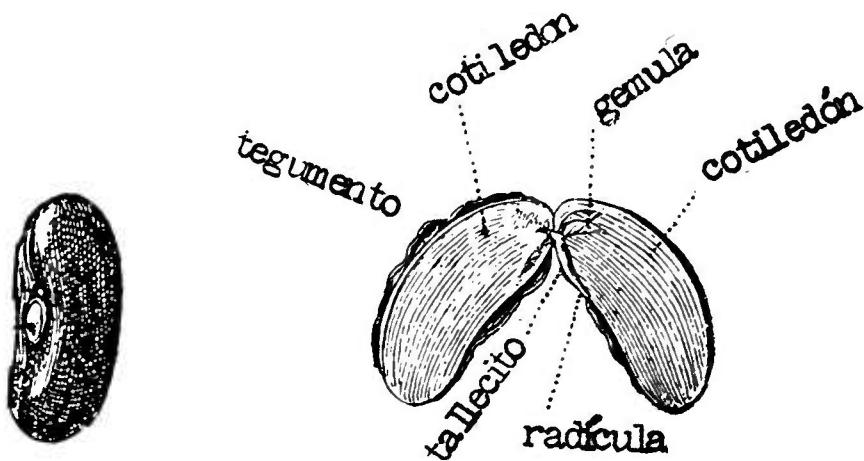
La **legumbre** es una vaina como la del frijol, dividida en dos mitades, con dos suturas, en una de las cuales se insertan las semillas. (Chícharo, guisante, etc.).

80. **La semilla.**—Considerada desde el punto de vista puramente botánico la semilla es el **óvulo vegetal** en estado de maduración; desde el punto de vista agrícola es el **producto de la planta**. De su bondad dependerá su producto futuro cuando se le confíe a la tierra.

Generalmente la semilla presenta dos cubiertas distintas. Su



exterior es por lo regular duro y casi siempre liso. El otro es comunmente delgado y delicado. Estas cubiertas o tegumentos encierran la **almendra**. En muchos casos la almendra está



Grano sin albumen: se compone solamente del tegumento y el germen (radícula, tallecito, cotiledones y gémula). (Habichuela).

formada exclusivamente por el **embrión** o planta rudimentaria. Otras veces contiene, además del embrión, lo que se conoce con el nombre de **endospermo** o **albumen**.

El endospermo o albumen forma el volumen principal de todos los granos; sirve para sostener la planta joven a medida que se desarrolla de su embrión, antes de que sea capaz de depender del suelo y de la atmósfera para su sostenimiento. No es, sin embargo, una parte indispensable de la semilla, porque privada ésta del endospermo no se impide con ello el crecimiento de una nueva planta. (1)

El **embrión** o **germen** es la porción esencial y más importante de la semilla. Es en sí, una planta ya formada, en miniatura, y tiene sus raíces, tallo, hojas y un brote o yema, si bien estos órganos se hallan a menudo tan faltos de desarrollo en sus formas como lo están en tamaño.

El embrión o germen consta de la **radícula** o **raicilla**, la **plúmula** o tallecito, la **gémula** o yemecita y el **cotiledón**.

81. **Vitalidad de la semilla.**—En la semilla madura el embrión permanece en estado latente. La duración de su vitalidad es muy variable.

Los hechos demuestran que las circunstancias bajo las cuales se guardan las semillas influyen grandemente en la duración de su vitalidad. Si las semillas recién recolectadas se secan perfectamente y se guardan en vasijas herméticamente cerradas, su vitalidad se prolongará por un largo período de tiempo.

Los microbios que se desarrollan donde existe humedad, además de los insectos, son los agentes que ponen un límite rápido a la duración del poder germinativo de la semilla.

En Agricultura, es una regla general que mientras más nueva o fresca es la semilla, mejores son los resultados que se obtienen. La experiencia demuestra que mientras más vieja sea la semilla, son más numerosos los fallos de su germinación y más débiles las plantas que producen.

82. **Cómo se determina el valor de la semilla.**—Depende, a la vez, de 3 factores: a) la **pureza**; b) la **facultad germinativa**; y c) la **energía germinativa**.

Pureza.—Se toma un peso determinado de semillas, separando los cuerpos extraños. Si se han tomado 10 gramos y des-

(1) Endospermo, albumen, perispermo, son tejidos equivalentes desde el punto de vista funcional, aunque totalmente diferentes desde el punto de vista morfológico.

pués de dicha separación quedan 9 gramos, se dice que la **pureza** de los granos es del 90%

Facultad germinativa.—Si se trata de apreciar la **facultad germinativa** se toma una cierta cantidad de semillas poniéndolas en condiciones para la germinación. A este efecto se sumergen en agua durante un buen tiempo, que dependerá de las dimensiones y dureza de los tegumentos. Después, pueden colocarse entre dos hojas de papel secante, húmedas, en arena, o en aserrín impregnado de agua, manteniéndolas a una temperatura **óptima** (unos 21° C).

Según la especie se dejarán los granos en este medio un número de días para la germinación. Si suponemos que de 100 granos han germinado 90 solamente, la **facultad germinativa** del lote será del 90%.

Energía germinativa es la rapidez más o menos grande de la germinación. Hay que tenerla en cuenta porque los granos que germinan lenta e irregulamente producen plantas poco resistentes. (1)

(1) **Herencia.**—Hay además, en la semilla, cualidades importantes que están involucradas en su carácter hereditario y que no dan señales de su presencia. Así ocurre con el **vigor de raza** y la **constancia de caracteres**, que son cualidades de esta clase que persisten maravillosamente en determinadas clases de semillas, faltando en otras.

Es importante, por lo tanto, para poder apreciar debidamente el valor de la semilla, conocer su **pedigree** o sean sus ancestrales. Los caracteres ancestrales, sin embargo, pueden alterarse cuando se desarrollan bajo circunstancias completamente diferentes a aquellas bajo las cuales se formaron. Es bien conocido el hecho de distintas plantas perennes de climas tropicales (como el ricinus) que se hacen anuales en las latitudes nortes.

CAPITULO VI

LA VIDA DE LA PLANTA

83. **GERMINACION.**—El comienzo de la planta que consideramos en Agricultura reside en la flor, en el momento de la fecundación por la acción de un tubo polínico sobre el contenido del saco embrionario. Cada embrión, cuyo desarrollo es así asegurado, se una planta en miniatura, o más bien un organismo que es capaz, bajo circunstancias apropiadas, de desarrollarse en una planta.

El primer proceso del desarrollo en donde la plantita comienza a manifestar su vida independiente, y en la cual toma su forma propia y peculiar, es la **germinación**.

En Agricultura y en jardinería se entierra en el suelo la semilla madura y sana y en pocos días o semanas por lo general germina o brota, siempre que encuentre un cierto grado de calor y humedad.

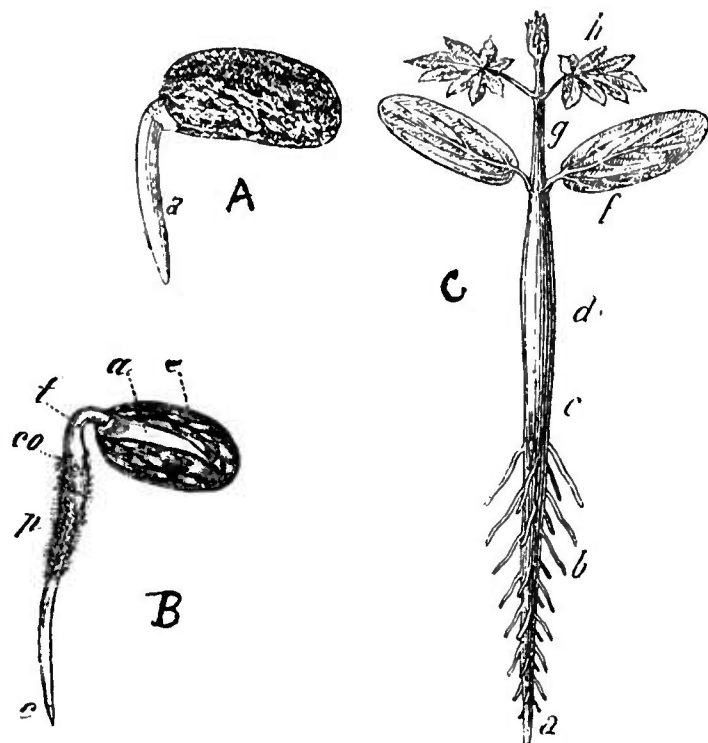
84. **El fenómeno de la germinación.**—Si se toman una docena o más de semillas de cada planta y son sembradas en una caja llena de tierra o aserrín con el grado de calor y humedad necesarios, cuidando que las semillas más pequeñas se hallen a media pulgada de profundidad y las mayores a una pulgada, podremos observar el proceso completo de la germinación, descubriendo una o dos de cada clase a intervalos sucesivos de 12 horas. En esta forma es fácil señalar todos los cambios visibles que tienen lugar a medida que el embrión se desarrolla. La experiencia puede hacerse utilizando semillas de frijol o habas, chícharos o maíz.

Podremos observar que la semilla absorbe primero una gran cantidad de humedad y como consecuencia de esto se hincha y se hace más blanda. Veremos también cómo el germen se agranda bajo la cubierta de la semilla, hasta que pronto los te-

mentos revientan y aparece la radícula o raicilla. Después, se hace visible la plúmula o tallecito.

En todas las plantas agrícolas la radícula se entierra ella misma en el suelo. La plúmula asciende hacia la atmósfera en

busea de la luz directa del sol. El endospermo, si existe, y en muchos casos los cotiledones, permanecen en el mismo lugar en que la semilla fué depositada, como sucede con el chícharo, maíz y cebada. En otros casos, los cotiledones ascienden y se convierten en el primer par de hojas, como ocurre con la calabaza, rábano, etc. La plúmula o tallecito ascendente muy pronto desarrolla nuevas hojas, y si la semilla proviene de una planta con ramas,



Germinación del grano de ricinus:

Figura A: a, raíz.

Figura B: Estado más avanzado de desarrollo: co, p, c, raíz principal; t, tallo; co, cuello; e, tegumento; a, albumen.

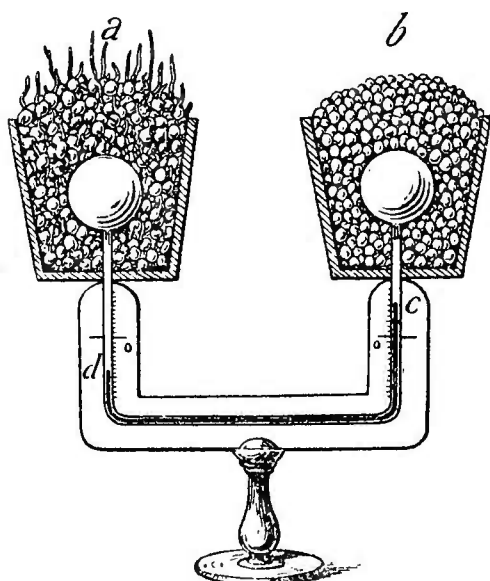
Figura C: Plantica completa: a, coña; b, pelos radicuales; c, cuello; d, hipocotilo; f, cotiledones (albumen reabsorbido); gh, epicótilo.

harán su aparición yemas o brotes laterales. La radícula o raicilla se divide y subdivide, comenzando el nacimiento de las raíces verdaderas.

Cuando la plantica cesa de tomar alimento de la semilla madre, el proceso de la germinación ha terminado.

85. **Condiciones de la germinación.**—Estas condiciones son de dos clases: a) Condiciones intrínsecas, o sean condiciones que dependen del grano mismo; y b) Condiciones extrínsecas, o sean condiciones que dependen del medio en que se encuentre.

a) **Condiciones intrínsecas.**—1º: que el grano esté normalmente constituido, es decir, que su embrión esté normalmente formado y que sus reservas nutritivas se encuentren en cantidad suficientes (1); 2º: que el grano esté perfectamente maduro, es decir, que el embrión debe haber alcanzado su desarrollo



Termómetro diferencial de Lislie: a, granos en germinación; b, granos inertes. La diferencia de nivel cd es proporcional a la diferencia de temperatura de los dos lotes.

completo; y 3º: que el grano conserve su facultad germinativa. (2)

b) **Condiciones extrínsecas.**—A este respecto tenemos que considerar:

1º **Temperatura.**—Las semillas brotan o germinan dentro de límites más o menos estrechos de calor. Según Sachs las temperaturas más bajas varían de 4.5 a 12.5 grados centígrados y las más altas de 39 a 46.5 grados centígrados. Por debajo de la temperatura mínima, una semilla conserva su vitalidad, por encima de la máxima, su vitalidad muere.

El punto en que tiene lugar la germinación más rápida es la intermedia entre las dos temperaturas extremas y oscila entre 26 a 34 grados centígrados. La elevación o la reducción de la temperatura, a partir de estos grados, retarda el acto de la germinación.

2º **Humedad.**—Todo crecimiento necesita una cierta canti-

(1) **La prueba del agua.**—En general un grano es apto para germinar cuando su densidad es superior a la del agua. Por lo tanto los granos que se echan en agua y van al fondo son capaces de germinar, mientras que los malos, más o menos perforados o huecos, sobrenadan.

El método, aplicable en el caso de los granos farináceos, no lo es, sin embargo, cuando se trata de granos que si bien son buenos y muy completos, poseen dentro de sus tejidos lagunas llenas de aire que les sirven de flotadores, haciéndolos sobrenadar; cosa que ocurre, por ejemplo, en el caso de los granos de las cucurbitáceas. El grano del ricinus, además de lagunas llenas de aire posee sus reservas en gran parte de carácter oleaginoso, por lo que tiene una doble razón para flotar sobre el agua sin que por esto se trate de un grano malo.

(2) Por regla general, la madurez del grano coincide con la del fruto.

dad de humedad. En la germinación es indispensable que la semilla absorba agua para que tenga lugar el movimiento del contenido de la célula germen.

La manifestación de la germinación no se observará hasta tanto la semilla no se halle más o menos humedecida. Cuando se deja secar una semilla a medio germinar, el proceso del crecimiento cesa o se paraliza.

Por el contrario, el exceso de agua es la causa de que las semillas se pudran.

3º **Oxígeno.**—El oxígeno libre, tal como se halla en el aire, es igualmente esencial a la germinación. Las experiencias de Saussure han demostrado que la germinación es imposible en ausencia del oxígeno y que no puede tener lugar en una atmósfera de otros gases.

La actividad química del oxígeno parece ser el medio excitante para el crecimiento del embrión.

4º **Luz.**—Se ha creído erróneamente que la luz es perjudicial a la germinación y que por lo tanto la semilla debía ser cubierta.

La naturaleza no entierra las semillas, sino que las esparce sobre los terrenos, bosques y praderas, donde se les halla, a lo más, medio cubiertas y nunca privadas de luz.

Hoffmann, haciendo experiencias con 24 clases de semillas agrícolas ha encontrado que la luz no ejerce influencia apreciable de ninguna clase sobre la germinación.

Tiempo necesario para la germinación.—Varía de acuerdo con la clase de semilla. Además, depende naturalmente de otras varias condiciones. El frío y la seca retardan el proceso, cuando no lo paralizan por completo. Las semillas enterradas profundamente en el suelo pueden permanecer por muchos años conservando su vitalidad, pero no manifestándola, por estar demasiado secas o demasiado frías, o porque el oxígeno no tiene suficiente acceso para poner en acción el germen.

86. **Fisiología química de la germinación.**—Hay que considerar dos clases de fenómenos: a) **fenómenos digestivos** que tienen por objeto transformar las reservas en productos asimilables y transportables a los lugares de crecimiento de la planta; y b) **fenómenos respiratorios**, muy activos durante la ger-

minación y que dan lugar a un desprendimiento notable de calor.

Dos son los casos que debemos considerar al estudiar la fisiología química de la germinación: a) Germinación de un grano con albumen; y b) Germinación de un grano sin albumen.

Germinación de un grano con albumen.—Bajo la influencia del agua absorbida, las células del embrión toman su actividad vital, y la superficie de los cotiledones que están en contacto con el albumen comienzan a secretar o a producir diastasas, ⁽¹⁾ capaces de digerir las substancias en reserva en este albumen. Las substancias digeridas, es decir, disueltas por las diastasas, son absorbidas por los mismos cotiledones, penetrando de este modo y por esta vía las materias nutritivas que contenía el albumen en el interior de la plantica.

Germinación de un grano sin albumen.—Los fenómenos son los mismos, con la sólo diferencia que las reservas nutritivas ya se encuentran en el interior de los cotiledones, los cuales no tienen necesidad de realizar la función de absorción que ejecutan los cotiledones en el caso anterior, después de haber digerido el albumen. ⁽²⁾ Aquí son las células de los cotiledones las que en el momento oportuno digieren las materias nutritivas que ya tienen en su interior. Estas substancias, una vez digeridas, es decir,

(1) **Diastasas.**—Son compuestos nitrogenados, complejos, conocidos también con el nombre de **zimadas**. Derivadas como son las diastasas del protoplasma, están encargadas de realizar la **digestión de las reservas alimenticias** que la célula contiene bajo formas inasimilables y que no podrían ser utilizadas sin esta transformación previa. Es, en una palabra, por la fijación del agua o sea la acción química de la hidratación que las diastasas realizan su función digestiva.

A cada clase de reserva inasimilable corresponde, en principio, una diastasa propia, especialmente encargada de su digestión: tales son, la **amilasa** para el almidón; la **invertina** para el azúcar de caña; la **pepsina** para las proteínas; etc.

En el proceso de la germinación, la conversión del almidón en carbohidratos solubles se realiza con gran rapidez mediante la acción de la diastasa propiamente dicha o amilasa.

Se supone que una parte de diastasa es capaz de transformar 2,000 partes de almidón primero en dextrina y finalmente en azúcar.

(2) La diferencia entre un grano con albumen y un grano sin albumen es la siguiente: el grano con albumen es un grano cuyo embrión ha cesado de crecer antes de haber digerido todo el albumen, mientras que el grano sin albumen es un grano cuyo embrión no ha paralizado su crecimiento sino después de haber absorbido todo el albumen de que está rodeado.

transformadas en forma líquida, pasan de célula en célula para ir a nutrir todos los órganos de la plantica en vía de crecimiento.

Germinación incompleta.—A veces, cuando no se trata de granos como el del ricinus o de la habichuela, las fases del fenómeno no son completas, habiendo entonces un acortamiento o una aceleración del fenómeno.

87. **Fin de la germinación.**—Cuando el acto de la germinación ha terminado, cosa que ocurre tan pronto como los cotiledones y endospermo estén agotados de todas sus materias solubles, la planta comienza una vida completamente independiente. Previamente, empero, antes de ser lanzada sobre sus propios recursos, ella ha desarrollado todos los órganos necesarios para poder recolectar o tomar sus alimentos del exterior; ella ha abierto sus hojas perfectas a la atmósfera, e invadido una porción del suelo con sus raicillas.

Durante las últimas etapas de la germinación, la planta toma sus alimentos a la vez de la semilla madre y de las fuentes externas, que después le servirán exclusivamente para su sostenimiento.

Completamente provista con su aparato de nutrición, su desarrollo no sufre paralización por el agotamiento de la semilla madre, a menos que haya germinado en un suelo estéril o bajo otras condiciones adversas a la vida vegetal.

CAPITULO VII

LA NUTRICION DE LA PLANTA

88. **La planta como transformadora de energía.**—Se ignora lo que es exactamente la vida; pero se sabe que todo ser viviente, aun reducido a una simple célula, es un ser capaz de producir un trabajo, es decir, de gastar **energía**. Si el ser viviente gasta energía, evidentemente que él la recibe lo mismo que la gasta. Tal es el caso de una máquina de vapor que no puede producir la energía mecánica si no tiene en el hogar de su caldera dos cuerpos, carbón y oxígeno, capaces de combinarse y de suministrarle energía calorífica.

Por consecuencia, se puede decir que un ser viviente es, al igual que una máquina de vapor, un **transformador de energía**; transformador que no puede gastar o producir nada más que una suma de energía equivalente a aquella que ha recibido.

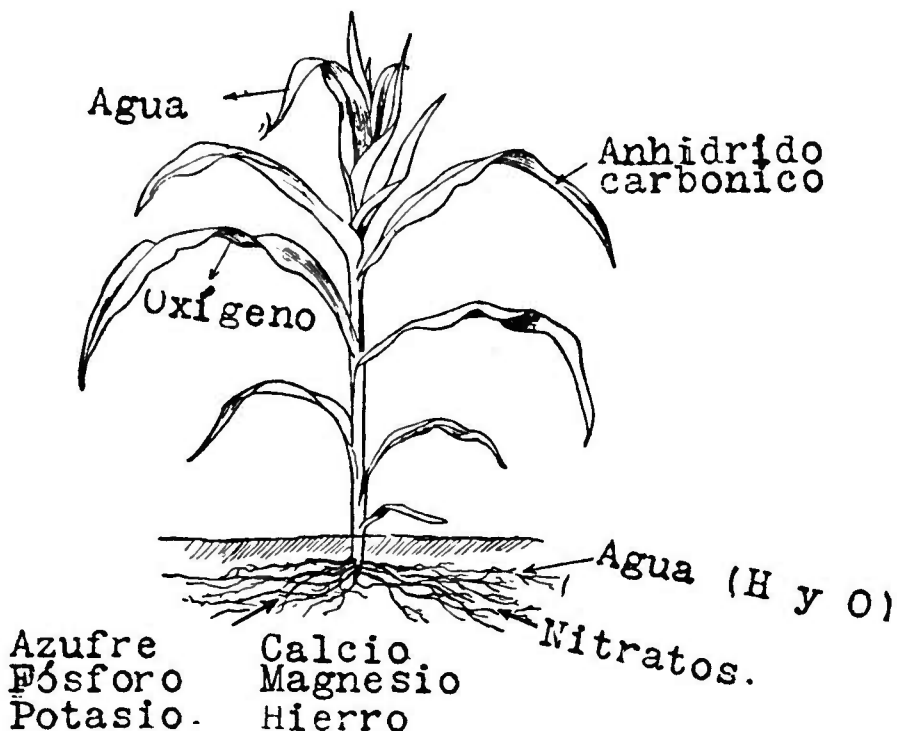
La planta, ser viviente, no escapa a esta ley general. Si la planta crece, ella gastará una suma de energía mecánica que puede ser muy considerable; así, una planta que penetra en los intersticios de una roca puede, al desarrollarse y crecer, hacer que la roca se resquebraje. En otros casos, la planta desprende una cantidad de calor apropiada, perdiendo por tanto la energía bajo la forma calórica, como puede comprobarse si introducimos un termómetro en una porción de granos o semillas en vías de germinación. Existen también casos en que la planta, bajo determinadas circunstancias, es fosforescente, debido, sin duda, a la energía que ella aun gasta.

Por todas estas razones, es indispensable que la planta repare las continuas pérdidas de energía que sufre, cosa que tendrá que realizar tomando esa energía del medio exterior o fuente de nuevas energías.

89. **Origen de la energía de la planta.**—El origen o fuente principal de donde la planta toma su alimento en energía es el

manantial o fuente químico. La planta saca, en efecto, del medio ambiente, cuerpos capaces de actuar químicamente los unos sobre los otros. Estos penetran en la planta por vías diversas; pero ellos terminan por reunirse todos en ese laboratorio—aun muy misterioso—que es la célula, donde bajo la influencia del calor y de la luz absorbidos por la planta, sufren transformaciones químicas que los hacen asimilables, es decir, utilizables por el protoplasma celular.

Vamos a estudiar, por consecuencia, cómo se realiza la **absorción de los alimentos** por la planta, es decir, cómo y por qué vía



Origen del alimento de la planta.

la planta se procura los elementos químicos que le son necesarios, y estudiaremos después, en la medida que el estado actual de la ciencia nos lo permita, cómo ella los utiliza.

90. **El tejido absorbente de la planta.**—Como ya sabemos de la Botánica, el tejido encargado de absorber los líquidos en la planta, se encuentra en la extremidad de la raíz, estando constituido por la **región pilífera**. Ya se ha puesto en evidencia, mediante experiencias simples, el papel absorbente de esta región.

91. **Forma asimilable de los alimentos contenidos en el suelo.**
—Es evidente que la región pilífera no puede llenar su función de absorción si las materias alimenticias contenidas en el suelo no se encuentran en estado líquido, es decir, en disolución en el agua.

Es así, en efecto, que el carbono puede ser tomado por las raíces de las plantas cuando se encuentra en el suelo bajo la forma de glucosa, ácido málico, etc.

El potasio no es utilizable sino cuando se encuentra en el terreno bajo la forma de fosfato soluble.

El azufre, magnesio y calcio pueden ser absorbidos por la planta al estado de sulfato de magnesia o de sulfato de calcio.

92. **Forma asimilable del nitrógeno.**—Siendo el nitrógeno uno de los alimentos más importantes del vegetal, amerita que estudiemos las transformaciones que lo hacen asimilable.

El nitrógeno es muy abundante en el aire; pero no es del aire que la planta lo toma directamente ⁽¹⁾ Ella no lo puede tomar más que del suelo y siempre que allí se encuentre al estado de un compuesto nitroso soluble.

Supongamos un suelo conteniendo productos orgánicos, ricos en nitrógeno, como restos o desperdicios de animales y vegetales; la transformación de este nitrógeno en sales solubles se efectúa en tres fases:

1º Transformación en amoníaco (NH^3) bajo la acción de un fermento amoniacal (*Bacillus mycoides*). Esto constituye la **amonización**.

2º. El NH^3 así producido se oxida transformándose en ácido nitroso, bajo la acción de otro fermento llamado fermento nitroso (*Nitromonade*) que como el primero es abundante en el suelo. Esta transformación del NH^3 en ácido nitroso se llama **nitrosación**.

3º. En fin, bajo la influencia de un tercer fermento, el fermento **nitrico**, el ácido nitroso se oxida y pasa al estado de ácido nítrico; los nitritos se transforman en nitratos solubles. Esta última fase de la transformación del NH^3 en sales solubles es la **nitricación**.

(1) Véase lo que sigue en esta Lección sobre el papel de la leguminosas.

Las diferentes fases de la nitrificación exigen primero que todo la presencia en el suelo de oxígeno libre, sin el cual las oxidaciones no serían posibles, y de ahí la necesidad de las labores profundas; necesitan también una temperatura óptima de 35 grados C con una cierta humedad; por eso las lluvias del verano favorecen la nitrificación; y, por último, la tierra debe ser ligeramente alcalina.

93. **Abonos.**—La planta, tomando sin cesar esas materias del suelo, acaba por agotarlo. De ahí la necesidad de restituir al suelo las substancias que ha perdido, mediante la aplicación de los abonos. Su estudio lo haremos en la lección correspondiente de este curso.

94. **Alternativa de cosechas.**—Como hemos visto en la “Historia de la Agricultura” desde tiempo inmemorial los agricultores hacían alternar los cultivos sobre la misma parcela de tierra, es decir, cultivaban ciertas plantas como las leguminosas, en la tierra donde el año anterior habían cultivado cereales, los cuales necesariamente habían empobrecido el terreno.

Cuando se examina la radícula o raíz de una leguminosa no es raro comprobar la presencia de una clase de tubérculos o de nudosidades que, examinadas al microscopio, se presentan llenas de bacterias de una especie particular. Estas bacterias tienen la propiedad de asimilar directamente el nitrógeno atmosférico formando las materias nitrogenadas nutritivas, de las cuales se aprovechan tanto la leguminosa como la bacteria a la cual ella da albergue.

Cuando la leguminosa muere, o cuando se hace su recolección, sus raíces, plena o llenas de productos nitrogenados, debidos a la actividad de la bacteria, permanecen en el suelo enriqueciéndolo de nitrógeno. La nitrificación—que hemos estudiado anteriormente—realiza el resto si es necesario; de modo que una planta cultivada en seguida o inmediatamente después en el mismo terreno, encontrará una abundancia considerable de alimentos nitrogenados.

95. **Mecanismo de la absorción por las raíces.**—Imaginemos una raíz que penetra en el suelo conteniendo disueltas todas las substancias solubles de que hemos hablado precedentemente; la

penetración de los líquidos en la raíz, por la región pilífera, es un fenómeno de **osmosis**.

El fenómeno se pone en evidencia por medio de la experiencia de Dutrochet, sirviéndose de un **osmómetro**.

El osmómetro es un aparato formado por dos vasos colocados uno dentro del otro. El más pequeño, en el cual se coloca una disolución coloreada fuertemente azucarada, se prolonga en su parte superior por un tubo delgado sobre el que puede observarse la altura del líquido. La parte inferior está cerrada por una membrana que puede ser un pedazo de vejiga. El vaso más grande contiene solamente agua pura.

Al cabo de un cierto tiempo de colocado el vaso pequeño dentro del grande se ve elevar el nivel del líquido progresivamente en el tubo delgado porque un poco de agua pura ha atravesado la membrana (endosmosis). Al mismo tiempo, el agua pura del vaso grande se colorea, lo que indica que un poco de la solución azucarada también ha atravesado la membrana (exosmosis). Esta forma de doble filtración a través de una membrana delgada ha recibido el nombre de **osmosis**. El fenómeno no termina hasta que los dos líquidos situados de una y otra parte de la membrana han alcanzado el mismo grado de concentración en glucosa, es decir, cuando tienen la misma densidad. Existe entonces un **equilibrio osmótico**.

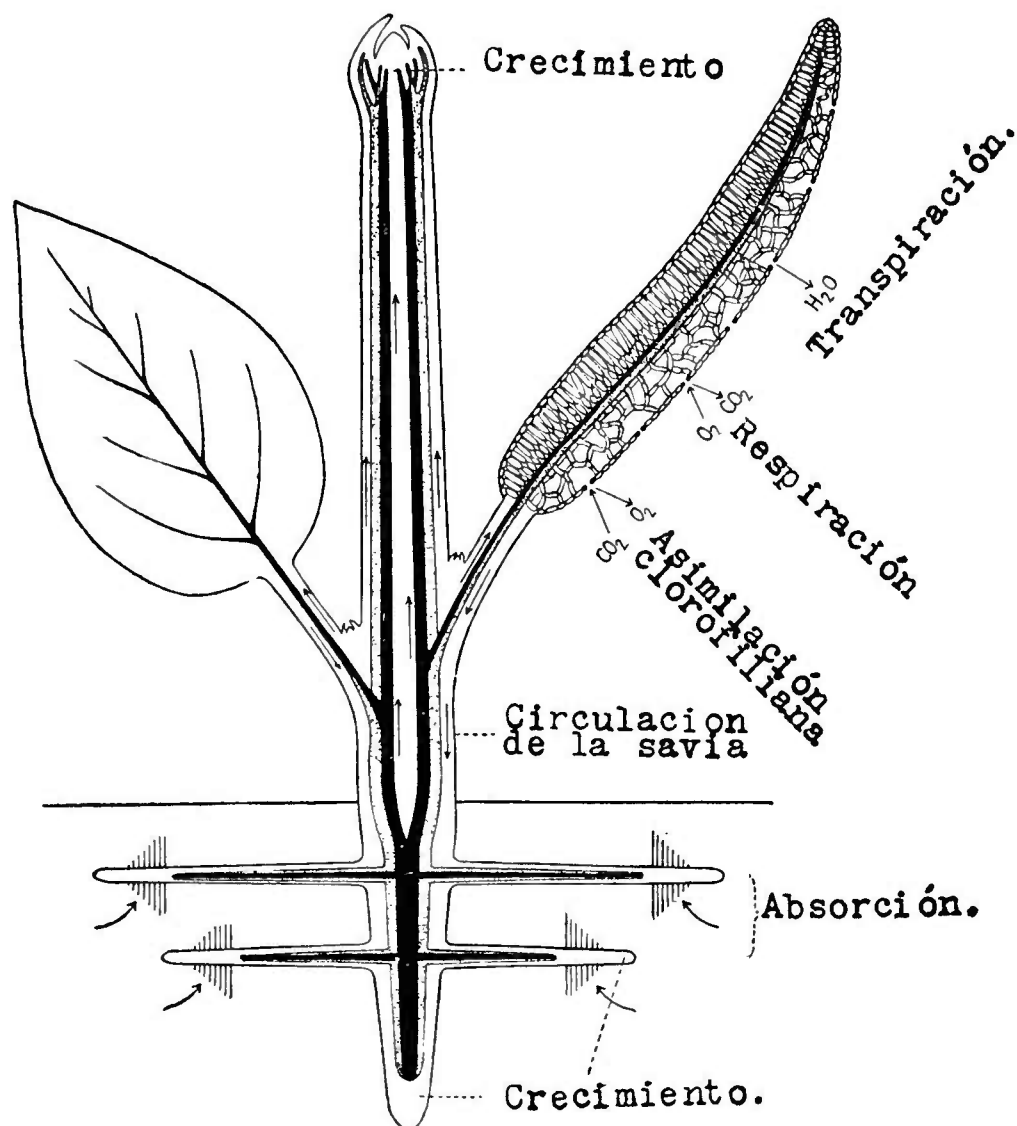
La absorción del agua y de las sustancias disueltas se verifica en la raíz por un mecanismo análogo. Las membranas de los pelos absorbentes se comportan como la membrana del endosmómetro. Aquí, la diferencia esencial con el fenómeno puramente físico de la **osmosis** consiste en que en este caso el **equilibrio osmótico** no llega a alcanzarse, porque la célula viva incorpora a su protoplasma las sustancias absorbidas, las cuales son inmediatamente utilizadas, destruídas, por la realización de fenómenos vitales.

Causas que regulan la absorción.—La absorción será tanto más activa cuanto mayor sea la utilización de las sustancias absorbidas. Por eso el agua, que es la sustancia que más se consume o utiliza, es la que en mayor cantidad se absorbe. En el caso de aquellas sustancias que son inmediatamente utilizadas por la planta, su absorción es continua, porque el equilibrio osmótico nunca llega a alcanzarse.

Cuando mayor sea la superficie de contacto entre los pelos absorbentes y el medio exterior, la absorción será más intensa.

Cuando la temperatura es demasiado baja (unos 3° C.) la absorción cesa.

96. **Circulación de la savia bruta.**—Sin que sea necesario entrar en los detalles del fenómeno, se comprenderá que los



Esquemática representación de la raíz, tallo, hojas y brotes y sus funciones.
Las flechas indican el movimiento de los jugos nutritivos.

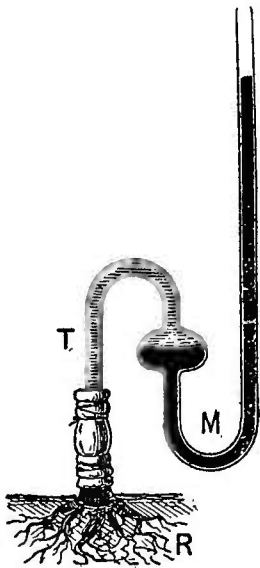
líquidos tomados del suelo por las células pilíferas pasan en seguida, siempre por fenómenos osmóticos, a las células de la corteza, recubierta por la región pilífera. Las células de la corteza

están con relación a la región pilífera, en las mismas condiciones osmóticas en que aquellas de la región pilífera se encuentran con relación al suelo.

Las células de la corteza encierran, en efecto, jugos concentrados, mientras que esos mismos jugos son mucho más diluïdos en las células de la región pilífera, que ha absorbido mayor cantidad de agua. La corriente endosmótica, que se dirige siempre del líquido menos concentrado hacia aquel que lo está más, debe necesariamente establecerse en la raíz, desde la región pilífera a las células de la corteza.

Por este proceso, de célula en célula, los líquidos absorbidos terminan por llegar a los vasos de la madera en los cuales penetran, y donde constituyen lo que se llama **savia bruta**.

97. **Ascensión de la savia por los vasos.**—Los vasos pueden compararse con los tubos manométricos de los osmómetros de Dutrochet (que ya hemos estudiado) y el de Pfeffer. La savia aquí es empujada por la presión osmótica que existe en toda la serie de células turgescientes de la corteza, interpuestas entre la región pilífera y los vasos. Por consecuencia, bajo la acción de esta fuerza, la savia se elevará por los vasos de la madera.



Experiencia de Hales: R, raíz; T, tubo manométrico; M, manómetro de mercurio.

Experiencia de Hales.—Para evaluar la intensidad de la fuerza que empuja la savia en los vasos, se corta un tallo al nivel del terreno, fijando en la sección un tubo con manómetro de mercurio. Al cabo de algún tiempo, el desnivel del manómetro nos dará la fuerza osmótica de las células de la región pilífera y de la corteza. Esta fuerza a veces es suficiente para empujar la savia hasta 35 ó 40 metros de altura, lo que le

permite alcanzar hasta las hojas más altas del árbol.

98. **La aspiración que incesantemente se desarrolla en las hojas** es otra de las causas de la ascensión de la savia, además de la presión osmótica que ya hemos visto. Cuando la savia alcanza a las hojas, se distribuye por las nervuras de las hojas, y el agua que ella contiene se escapa a la atmósfera bien sea en for-

ma de goticas por los estomas acuíferos, o bien evaporándose. La evaporación, que es uno de los actos del fenómeno más general que recibe el nombre de **transpiración**, ocasiona, necesariamente, un vacío parcial en los vasos de las hojas, y esto explica que una corriente continua de savia ascendente se pueda establecer desde la región absorbente de la raíz, por la que el agua penetra en la planta, hasta las hojas que la evacuan o evaporan.

Experiencia.—La prueba experimental de que las ramas provistas de hojas realizan una aspiración sobre los líquidos, se consigue fijando una rama cubierta de hojas en la extremidad de un tubo de cristal sumergido en el agua por su parte inferior, no tardándose en observar que el líquido sube por el tubo bajo la influencia de la disminución de la presión ocasionada por la transpiración de las hojas.

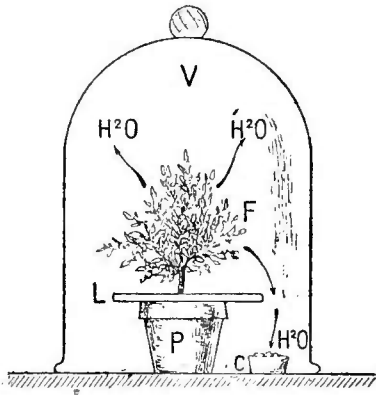
99. **La capilaridad.**—Es una tercera y última causa que determina la ascensión de la savia en los vasos de la madera. Esta causa es, desde luego, muy secundaria con relación a las otras dos que hemos señalado anteriormente, o sean la fuerza osmótica y la aspiración que se desarrolla en las hojas como consecuencia de la evaporación. El fenómeno físico de la capilaridad ocurre en los vasos de la madera; los vasos representan tubos capilares a los cuales deben ser aplicados, por lo menos en una cierta medida, las leyes de la capilaridad, y sus paredes desarrollan una determinada atracción sobre la savia.

100. **TRANSPIRACION.**—Siendo la transpiración la causa de las corrientes de la savia, es evidente que sus variaciones tienen que reflejarse en la nutrición general de la planta. Debemos, pues, estudiar cómo se verifica esa transpiración, investigando cuáles son las condiciones que la favorecen, la aceleran o la retardan.

Definición.—Se da el nombre de **transpiración** a la emisión del vapor de agua por la planta. A causa de su gran superficie y de su permeabilidad las hojas son los órganos esenciales de la transpiración. El vapor de agua puede proceder del exceso de agua contenida en la savia ascendente, o de una combustión del hidrógeno contenido en el protoplasma.

Demostración del fenómeno.—Existen diversas formas de comprobarlo, a saber:

1º. Colocando una planta debajo de una campana de cristal, se verá al poco tiempo que las paredes internas de la campana se recubren de vapores húmedos y después de goticas de agua. Es necesario barnizar la maceta o tiesto, regar la tierra y cubrirla con un disco impermeable—vidrio, por ejemplo—para evitar la evaporación.



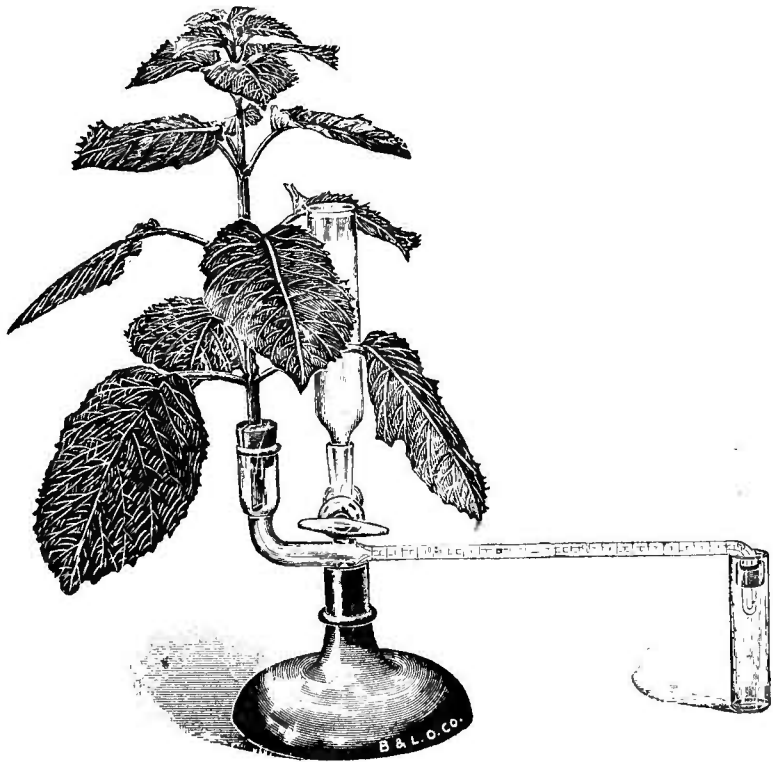
Comprobación de la transpiración.

El vapor de agua emitido no puede provenir del tiesto, que está barnizado, ni de la tierra cubierta con un disco impermeable; ha sido, evidentemente emitido por la planta.

2º Sobre uno de los platillos de una balanza se coloca una maceta previamente preparada como en el caso anterior. Se establece el equilibrio con los pesos necesarios sobre el otro platillo. Poco a poco con la emisión del vapor de agua, el equilibrio se rompe y el platillo que sostiene la planta se levanta.

Este método, permite la determinación de la cantidad de agua perdida por una planta, en un tiempo señalado y en un medio determinado.

3º. Se toma un tubo en forma de U, llenándolo de agua. Se



Potómetro de Bausch Lomb Optical Co. para la determinación cuantitativa de la transpiración.

sumerge en una de las ramas del tubo el peciolo de una hoja, o mejor aun, una ramita con varias hojas. Se adapta al otro extremo un tubo estrecho, observando el nivel del líquido. Al cabo de un cierto tiempo, se hará nuevamente la lectura del nivel, y se podrá determinar por diferencia el volumen de agua transpirada en un tiempo dado.

101. **Cantidad de vapor de agua.**—La cantidad de vapor de agua emitido por la transpiración, puede ser considerable, cuando las condiciones son favorables. Así, por ejemplo, en 10 horas del día, un campo de una hectárea sembrado de maíz, con 30 plantas por metro cuadrado, desprende 36,300 kilogramos de agua; una encina con unas 700,000 hojas, vaporiza unos 115,000 kilogramos de agua, de junio a octubre.

Se vé, pues, que la cantidad de vapor de agua expulsada por la transpiración es enorme, provocando, consecuentemente, una absorción equivalente de agua por las raíces.

102. **Causas que hacen variar la intensidad del fenómeno de la transpiración:**

1º **La luz.**—La luz aumenta considerablemente la intensidad de la transpiración. En las plantas verdes ella centuplica el fenómeno. Una hoja de trigo, por ejemplo, emite en la obscuridad 1 c.c. de vapor de agua, mientras que a la luz emite 168 c.c.

La acción de la luz diferencia el fenómeno físico de la evaporación del fenómeno fisiológico de la transpiración.

Es generalmente hacia las tres de la tarde que la transpiración alcanza su máximo de intensidad. Con la puesta del sol, la transpiración disminuye grandemente hasta la aurora. La parálisis de la transpiración, por la puesta del sol, provoca un engruesamiento o hinchazón de las células, que entonces dejan escapar, en forma líquida y en goticas, el agua en exceso que la fuerza osmótica de las raíces les envía. Es, sobre todo, por los estomas acuíferos que se verifica esta emisión nocturna de agua, muy visible, por cierto, sobre las hojas de las gramíneas, donde suele confundirse, equivocadamente desde luego, con gotas de rocío. Este fenómeno lleva el nombre de exudación.

Néctar.—Algunas veces el agua, antes de exudarse, atraviesa tejidos particulares que contienen una reserva azucarada y que llevan el nombre de **nectarios**. El agua azucarada que sale en-

tonces, por exudación, de los nectarios, constituye el **néctar** de que se aprovechan ciertos insectos.

Olór crepuscular.—El líquido así exudado, puede también contener esencias odorificantes. Esto explica por qué a la puesta del Sol el perfume de las flores se hace a menudo más acentuado. Un riego, una lluvia, que aumente la cantidad de agua contenida en las células; una nube que interfiera los rayos solares, disminuyendo la claridad y por consecuencia la transpiración, produciría el mismo resultado.

2º **Las radiaciones luminosas.**—Todas las radiaciones luminosas no tienen la misma influencia sobre la actividad de la transpiración. Las radiaciones que más favorecen la transpiración son las rojas, azules y violetas; es decir, aquellas que la clorofila absorbe principalmente, como veremos próximamente, al estudiar el papel de la clorofila.

Se ha dado el nombre de **clorovaporización** a esta **extra-actividad** de la transpiración, determinada por las radiaciones luminosas que actúan sobre la clorofila.

No teniendo la luz ninguna influencia sobre el fenómeno físico de la evaporación, se ve que la transpiración no puede ser una simple evaporación de agua por la planta. Es incuestionable que el fenómeno debe comprender también un **acto vital**, influenciado por la luz, como lo son los actos vitales, tales como la respiración y la asimilación clorofiliana.

3º **Influencia de la temperatura, movimiento del aire y estado higrométrico de la atmósfera sobre la transpiración.**—Siendo la transpiración un fenómeno doble, que comprende una evaporación, es claro que las condiciones que activan o retardan la evaporación deben influir, en el mismo sentido, sobre la transpiración. Así la transpiración es más activa, cuando se eleva la temperatura.

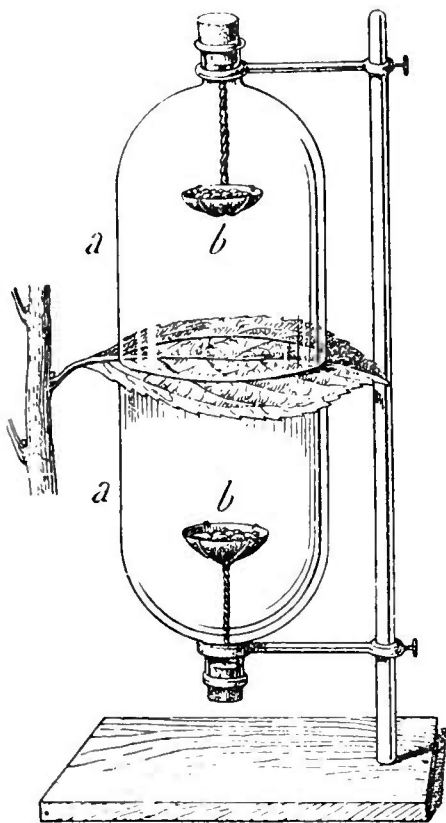
El viento, que favorece la evaporación de los líquidos, aumenta la intensidad de la transpiración.

Siempre, por la misma razón, la transpiración será menos intensa, a medida que el aire esté más saturado de humedad. De tal modo, que en un aire saturado, la transpiración se paraliza; el agua brota entonces de los estomas acuíferos al estado de gotitas que se pueden confundir con las gotas de rocío.

103. **Vías por las que el vapor de agua se escapa de las plantas.**—Es, principalmente por los estomas, que el vapor de agua es emitido por las plantas.

Una experiencia clásica, debida a Garrean, nos da una primera indicación del fenómeno.

Entre dos campanas de vidrio se interpone una hoja viva. Dentro de cada campana se coloca una cápsula conteniendo un peso conocido de cloruro de calcio, substancia muy ávida de agua. Después de algún tiempo se pesan de nuevo las dos cápsulas; el aumento de peso de las cápsulas nos permitirá comprobar que la cara inferior de la hoja es la que emite más agua, toda vez que la cápsula inferior habrá aumentado más de peso. Como en esta cara inferior es mayor el número de los estomas, fácilmente se deduce el papel esencial que representan dichos estomas en la emisión del vapor de agua por las plantas.



Emisión de vapor de agua por la hoja: a, campana de cristal; b, cápsula con cloruro de calcio.

Otra experiencia. — Las indicaciones de la experiencia anterior pueden ser corroboradas mediante el empleo de un ingenioso método imaginado por Stahl y perfeccionado por Merget. Se aplica contra una hoja un papel sensible a la humedad, que se ha obtenido sumergiendo papel de filtro en una mezcla de cloruro de paladio y cloruro de hierro. Este papel es amarillento cuando está seco, volviéndose gris, o negro, cuando se le humedece. Su sensibilidad es tal que cambia de color en una atmósfera que contenga solamente trazas de humedad.

Cuando se separa el papel de la hoja contra la cual ha sido aplicado, se le ve tapizado de pequeñas manchas grises alineadas en muchas filas paralelas, que corresponden exactamente a los

estomas de las gramíneas, si la hoja utilizada corresponde a esta clase de plantas. El resto del papel apenas cambia de color.

Por consiguiente, si se tiene en cuenta el resultado de las dos experiencias anteriores, podremos decir **que es sobre todo por los estomas, por donde se emite el vapor de agua producido en la transpiración.**

104. **Utilidad de la transpiración.**—Siendo la transpiración la causa de la continuidad de las corrientes de la savia, es evidente que sus variaciones tienen importancia sobre la nutrición de la planta.

105. **Absorción de los alimentos gaseosos por las hojas.**—Gracias al poder osmótico de las raíces y a la aspiración producida por la transpiración, el tejido asimilador recibe la savia ascendente, que contiene en disolución gran número de substancias minerales.

Pero, al mismo tiempo que ellas reciben los alimentos minerales por los vasos de la madera, las células de las hojas toman directamente del aire cuerpos gaseosos, gas carbónico y oxígeno. ⁽¹⁾

106. **Vías de penetración.**—Los gases penetran en la hoja por toda su superficie epidérmica. Sin embargo, se ha probado que

(1) **Penetración del gas carbónico y del oxígeno en la hoja.**—Cuando dos gases están separados por una pared que no tiene ninguna acción sobre ellos, como por ejemplo, una placa de tierra porosa, ellos atraviesan simplemente la pared utilizando sus poros, es decir, **se difunden.**

La velocidad de difusión de un gas, esto es, la velocidad con la cual este gas atraviesa una membrana porosa, es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su densidad. De este modo, en el caso del hidrógeno y el oxígeno, si el hidrógeno está de uno de los lados de la pared y el oxígeno del otro lado, como el oxígeno tiene una densidad 16 veces mayor que el hidrógeno, pasará 4 veces menos rápido el oxígeno que el hidrógeno.

Si la pared disuelve los gases que la atraviesan habrá entonces un fenómeno de ósmosis o dialisis, y la velocidad con la cual un gas atraviesa una membrana semejante es completamente independiente de la densidad del gas. Solamente la solubilidad del gas interviene; **la velocidad de ósmosis de un gas es, en efecto, proporcional a su coeficiente de solubilidad.**

Un gas muy soluble, por lo tanto, debe, cualesquiera que sea su densidad, pasar mucho más pronto que un gas poco soluble.

Como una membrana celular está siempre impregnada de una cierta cantidad de agua en la cual el gas se puede disolver, es evidente que el paso del gas carbónico y del oxígeno a través de las membranas vegetales, se hace por ósmosis y no por difusión. Es, en efecto, lo que ocurre con el gas carbónico. Este gas, muy denso, pero muy soluble, penetra en las células mucho más pronto que el oxígeno, que es menos denso, pero menos soluble.

los cambios gaseosos vienen a ser menos activos cuando se tapan artificialmente los estomas.

Cubriendo de vaselina sucesivamente las dos caras de una hoja y midiendo cada vez el gas carbónico absorbido, Mangin ha probado que la hoja absorbe tres veces más gas carbónico cuando se cubría con la vaselina la cara superior, pobre en estomas, que cuando se cubría la cara inferior.

Por consecuencia, podremos decir, que es por los estomas que se realiza principalmente la penetración de gases en la hoja. Por los estomas, los gases penetran en las lagunas intercelulares del tejido asimilador, pasando enseguida, por ósmosis, a través de las membranas, de estas lagunas al interior de las células.

107. ASIMILACION CLOROFILIANA Y FABRICACION DE MATERIAS NUTRITIVAS POR LAS CELULAS DE LA HOJA.—Hemos llegado ya al caso de que los alimentos minerales líquidos, absorbidos por la raíz, son arrastrados hasta las células de la hoja. El agua de la disolución es en parte evaporada por la transpiración, de modo que la disolución en sí está concentrada.

Por otra parte, las células de la hoja han tomado del aire el gas carbónico que ha penetrado, por ósmosis, en su interior.

Los elementos esenciales de las sales contenidas en los alimentos minerales líquidos, especialmente el nitrógeno de los nitratos y el fósforo de los fosfatos, son objeto, solidariamente con el carbono del anhídrido carbónico, tomado del aire, de transformaciones químicas complejas; resultando en definitiva los compuestos orgánicos, unos ternarios, como el almidón y la glucosa, otros nitrogenados, como la asparagina. Esos productos sirven para la nutrición de la planta entera y, a este efecto, son transportados a los diversos órganos, bajo la forma de **savia elaborada**, por los tubos agujereados del liber.

Es a este trabajo químico complejo, que exige la intervención de la luz y de la clorofila, a lo que se ha dado el nombre de **asimilación clorofiliana** o fotosíntesis. El papel esencial de la clorofila en esta notable elaboración es la de fijar ciertas radia-

ciones solares ⁽¹⁾ y de poner la energía que ellas representan a la disposición del protoplasma celular; porque las fuerzas vitales de la substancia viviente e incolora de dicho protoplasma, son insuficientes por si solas para realizar la asimilación de un alimento enteramente mineral.

De ello resulta que todo alimento orgánico, animal o vegetal, tiene su origen en la asimilación clorofiliana: esta función vegetal establece el lazo de unión entre la naturaleza inanimada y la naturaleza animada o viviente. En particular, todo el carbono de los seres vivos—para no citar más que el de mayor abundancia de los cuerpos simples esenciales—es de origen carbónico y tomado de la atmósfera. ⁽²⁾

108. Absorción de oxígeno y desprendimiento de anhídrido carbónico. En presencia de la luz solar, la planta verde en vía de vegetación activa toma incesantemente el anhídrido carbónico de la atmósfera y emite, de manera no menos continua, oxígeno.

Esta absorción de anhídrido carbónico y desprendimiento de oxígeno es la demostración externa del trabajo íntimo de la asi-

(1) La clorofila, materia colorante verde de los vegetales, consiste esencialmente de dos pigmentos: uno verde, preponderante y de naturaleza proteica, que es la **clorofila pura**; y el otro, amarillo, compuesto ternario, que es la **santofila**. Este último pigmento, en el caso de órganos verdes, adultos, se encuentra encubierto por la clorofila pura, existiendo, por el contrario, sólo en las ramas y hojas desarrolladas en la obscuridad (plantas etioladas).

La propiedad fisiológica esencial de la clorofila, de la cual depende su acción importantísima en la nutrición de la planta, consiste en la **absorción de ciertas radiaciones solares**, principalmente las radiaciones **rojas, azules y violetas**. Estas radiaciones representan la energía puesta por la clorofila a la disposición de los plastidios, para la realización del trabajo químico de la incorporación o asimilación del anhídrido carbónico.

(2) Las investigaciones sobre los primeros productos de la función clorofiliana comprueban que existe una asimilación del agua simultáneamente con la del anhídrido carbónico.

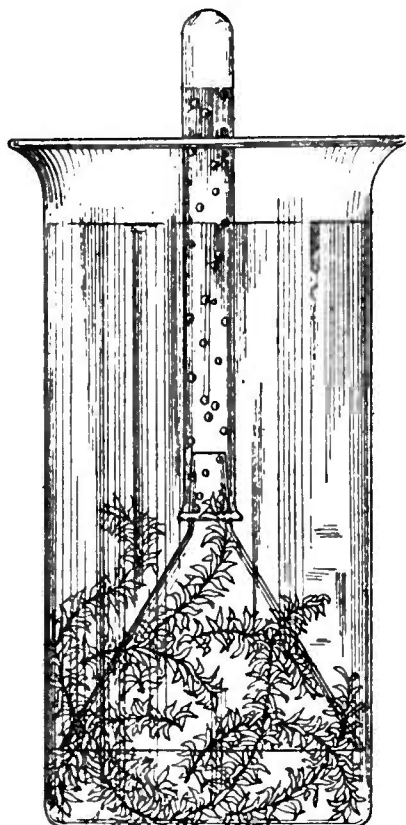
La formación de las substancias orgánicas en las plantas verdes bajo la acción de la luz solar es acompañada por la asimilación de carbono, hidrógeno y oxígeno. El volumen de la materia seca de la planta, está formado aproximadamente por esos tres elementos en las proporciones siguientes:

Carbono	45	por	ciento	en	peso
Oxígeno	42	„	„	„	„
Hidrógeno	6.5	„	„	„	„
Nitrógeno	1.5	„	„	„	„
Materias minerales	5	„	„	„	„

De modo que en las plantas más del 90% de su peso seco procede del anhídrido carbónico del aire y del agua del suelo.

milación clorofiliana (1). Esto constituye lo que se llama **cam-
bios gaseosos clorofilianos**, doble fenómeno, inverso, de aquel que
caracteriza la respiración, es decir, **absorción de oxígeno y des-
prendimiento de anhídrido carbónico**.

Valor relativo de los volúmenes de los gases cambiados.—Para
estudiar los cambios gaseosos clorofilianos se coloca una planta



Desprendimiento de oxí-
geno producido por la fun-
ción clorofiliana.

en una atmósfera limitada, formada
por un aire no completamente puro, es
decir, conteniendo 5 cc. de anhídrido
carbónico. La experiencia demostra-
rá—en poco tiempo—que la asimila-
ción se verifica en este medio con to-
da su actividad.

Por medio de un aparato especial—
que no es más que una pequeña máqui-
na neumática de mercurio—, se toma
un poco de aire de la campana bajo la
cual se ha colocado la planta, al prin-
cipio de la experiencia, y finalmente
otra vez, después de un período de in-
solación de algunas horas. El análi-
sis de los gases recogidos nos dirá que
**el volumen de anhídrido carbónico ab-
sorbido por la planta es sensiblemente
igual al volumen de oxígeno despren-
dido durante el mismo tiempo.**

Para observar directamente la emi-
sión de oxígeno, es suficiente exponer
al sol una planta verde acuática—al-
gas verdes de agua dulce—o en su defecto hojas nuevas. Sobre

(1) Los trabajos de Krasheninnikov (Moscú, 1901) demuestran una re-
lación definida entre la cantidad de CO₂ descompuesto y el aumento en peso
de la materia seca del vegetal.

Por cada metro cuadrado de superficie foliacea la cantidad de CO₂ des-
compuesto es de 2286 cc., o sean 4.48 grs, con un aumento en la materia de
~~cc de~~ 2.94 grs.

Por cada unidad de CO₂ descompuesto corresponde un aumento en
materia seca, cuya relación puede establecerse como sigue, para estas plantas:

Bambú	....	0.60
Caña de azúcar	... ..	0.67
Tabaco	... ..	0.68

Es decir, que la relación es prácticamente constante.

las hojas se coloca un embudo de vidrio y sobre éste una probeta llena de agua. Poco después de la exposición al sol, se notará el desprendimiento de burbujas gaseosas que se recogen en una probeta. Este gas así obtenido puede ser absorbido por el pirogalato de potasio, y también puede volver a encender una bujía que no tenga más que un punto incandescente: es, por lo tanto, oxígeno; y podremos establecer **que las plantas verdes expuestas a la luz del sol absorben gas carbónico y exhalan oxígeno, reteniendo el carbono.**

109. **Causas que hacen variar la intensidad de la asimilación clorofiliana.**—Estas causas son:

1º. **La luz.**—La asimilación es nula en la obscuridad, comenzando a efectuarse a la luz difusa. Aumenta, en general, a medida que la cantidad de luz recibida por la planta es mayor, alcanzando el máximo cuando el sol baña directamente la planta. Sin embargo, ciertos vegetales (helechos y musgos) asimilan más enérgicamente a la sombra que al sol.

2º. **La temperatura.**—Nula en general por debajo de 0º, la asimilación aumenta hasta un cierto óptimum próximo a los 30º C; disminuyendo a partir de ahí. El excesivo calor actúa como un anestésico.

3º **La presión del gas carbónico.**—Las experiencias realizadas en una atmósfera limitada, han demostrado que la asimilación clorofiliana alcanza su maximum de intensidad cuando el medio ambiente contiene de 5 a 10 por ciento de anhídrido carbónico. (Recordemos que en la atmósfera actual la proporción de CO² es solamente de 3 a 4|10000).

110. **Papel de la clorofila.**—La clorofila hace el papel de una pantalla; absorbe las radiaciones luminosas y caloríficas que son utilizadas para el desarrollo de diversas reacciones químicas. Gracias a esta absorción tenemos: 1º desprendimiento de oxígeno; 2º producción de almidón.

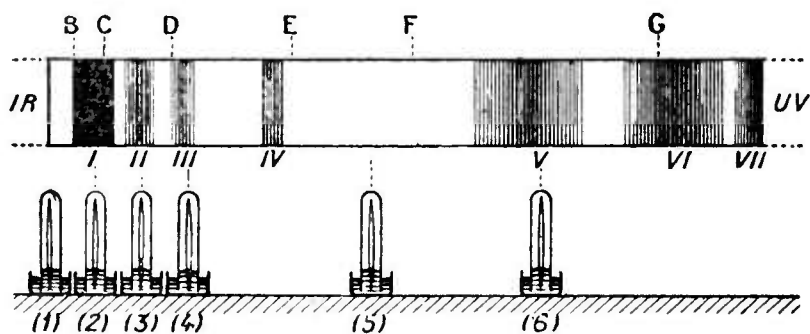
1º. **Desprendimiento de oxígeno.**—Anteriormente explicamos la manera de poner en evidencia la emisión de oxígeno cuando se expone una planta a la luz solar, bajo ciertas condiciones.

Obtengamos previamente un espectro normal de la luz del sol; colocando en una larga cuba o tanque una serie de probetas conteniendo cada una de ellas hojas bien verdes, y situándolas de

modo que cada probeta caiga dentro de una región del espectro solar. En la cuba y probetas habrán una disolución de anhídrido carbónico.

Después de algunas horas, algunas de las probetas contendrán oxígeno en cantidad tanto más considerable, cuanto más enérgicamente hayan sido absorbidas las radiaciones. Así, el desprendimiento mayor será en el rojo, menos sensible en el anaranjado, casi nulo en el amarillo, y nulo en el verde. En la región azul y violeta la asimilación es poco activa, comparativamente con el rojo.

2º. **Formación de granos de almidón.**—A medida que el anhídrido carbónico del aire es absorbido y que el oxígeno elaborado por los tejidos verdes se desprende, un compuesto orgánico, especial de los vegetales, el **almidón** nace en los mismos ór-



Determinación de la intensidad de la asimilación clorofiliana en las distintas regiones del espectro solar.

ganos asimiladores, es decir, en los corpúsculos clorofilianos, bajo la forma de pequeños gránulos, que azulean por el agua iodada.

Cuando el anhídrido carbónico falta en la atmósfera donde vive la planta, el almidón cesa de producirse. También si colocamos una hoja en la oscuridad durante 24 horas ella consumirá sus reservas y el almidón desaparecerá. Si se expone esta hoja a la luz cubriéndola con una hoja de papel de estaño, al final de un cierto tiempo, se podrá decolorar la hoja por el alcohol, que disuelve la clorofila. Sumergiéndola en una solución de iodo, si toda la superficie de la hoja ha estado expuesta a la luz, ella tomará un color azul debido a la coloración de los granos de almidón. Si la hoja ha sido cubierta de papel de estaño, la palabra **almidón**, previamente escrita sobre el papel de estaño, aparecerá sola, coloreada en azul.

Por el siguiente método, se podría comprobar el papel de las radiaciones absorbidas, reuniendo así, en una solamente las dos experiencias:

Colocada previamente una hoja en la obscuridad, se estará seguro de que no contiene almidón. Después se someterá durante un cierto tiempo a la acción del espectro solar normal; se decolorará por el alcohol y se tratará por el iodo. La coloración azul aparecerá solamente en las regiones de las radiaciones absorbidas por la clorofila. En los cuerpos clorofilianos no aparecen siempre granos de almidón; faltan en la cebolla y la lechuga, por ejemplo, que contienen glucosa.

111. Papel de la clorofila en la asimilación del nitrógeno de los nitratos y sales amoniacaes.—Las radiaciones absorbidas por la clorofila no sirven solamente para asimilar el carbono en la síntesis de los hidratos de carbono; ellas son también utilizadas para la asimilación del nitrógeno, con vista a la síntesis de las proteínas.

Hemos visto en lecciones anteriores que el origen principal del nitrógeno para el vegetal eran las sales amoniacaes y los nitratos. Veamos ahora qué ocurre con estas sales:

1º. Sales amoniacaes.—Son fácilmente absorbibles por la planta, aunque pueden ser directamente asimiladas por el protoplasma sin que intervenga la clorofila.

2º. Los nitratos.—Se ha probado que los nitratos son reducidos sobre todo en las hojas, aunque su reducción se puede verificar en otros órganos, como las raíces por ejemplo. Los nitratos se transforman en amoníaco y en oxígeno.

Esta reducción de los nitratos es favorecida por la luz. Se ha comprobado que los nitratos se acumulan en las hojas colocadas en la oscuridad, desapareciendo cuando las hojas se exponen al sol. La reducción, sin embargo, es posible en la oscuridad.

La experiencia ha comprobado, que son las radiaciones ultravioletas las que intervienen más enérgicamente en la asimilación del nitrógeno amoniacal.

Se conoce muy poco, o nada, preciso, sobre las transformaciones que sufre el amoníaco antes de ser incorporado en la molécula de proteína.

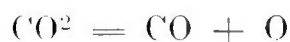
112. **Hipótesis sobre el mecanismo de la función clorofiliana.**

—Al hablar de los **cambios gaseosos clorofilianos**, expusimos que el volumen de anhídrido carbónico absorbido por la planta, es **sensiblemente** igual al volumen de oxígeno desprendido durante el mismo tiempo. Sin embargo, la determinación exacta de esos volúmenes, nos llevaría a la conclusión de que la cantidad de oxígeno exhalado es ligeramente superior a la cantidad de anhídrido carbónico asimilado. La relación entre los volúmenes de gases absorbidos y eliminados por la planta sería:

$$\frac{\text{Vol. O}}{\text{Vol. CO}^2} = 1.$$

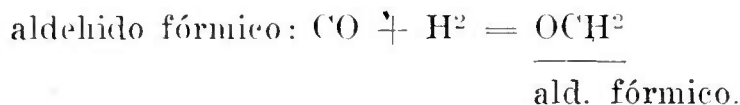
Se supone que el exceso de oxígeno proviene de la reducción de los nitratos.

Actualmente se supone que el CO² es parcialmente disociado en óxido de carbono y en oxígeno:

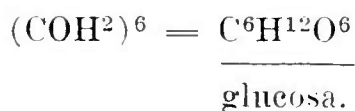


Al mismo tiempo, hay una disociación total de la molécula de agua en hidrógeno y en oxígeno: H²O = H² + O.

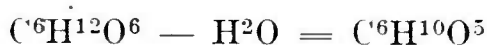
El hidrógeno naciente actúa sobre el óxido de carbono y da el



La polimerización del aldehído fórmico determina la aparición de la glucosa:



La glucosa se deshidrata y produce almidón:



Las recientes experiencias han confirmado esta hipótesis establecida desde hace largo tiempo. Se ha llegado a realizar, en la ausencia de la clorofila, las reacciones fundamentales de la función clorofiliana. Esta síntesis de los hidratos de carbono es un

fenómeno físico-químico, susceptible de ser producido bajo la influencia de radiaciones y fuera de la planta.

Así, en la ausencia de la clorofila y bajo la influencia de radiaciones ultra-violetas (rayos químicos), que emanaban de una lámpara de vapor de mercurio, se ha podido obtener:

- 1º La disociación del CO_2 en CO y O .
- 2º La disociación del H_2O en H_2 y O .
- 3º La combinación de una mezcla de CO y H_2 . En el tubo en el cual se encierran los gases se recobran goticas de COH_2
- 4º La combinación de CO_2 con NH_3 , obteniendo como resultado un compuesto cuaternario que es la amida fórmica (HCONH_2).

113. **Savia elaborada.**—Todos los compuestos orgánicos que hemos estudiado, son aptos para ser utilizados por el protoplasma incoloro en su nutrición y crecimiento; ellos son transmitidos a la planta entera, bajo forma de una disolución espesa, llamada **savia elaborada**, por los tubos agujereados del líber.

114. **CIRCULACION DE LA SAVIA ELABORADA POR LAS HOJAS.**—Los principales productos orgánicos, formados en la asimilación clorofiliana, son: 1º. Los carbohidratos; 2º. Los compuestos proteicos, disueltos en los jugos (albúminas, lecitinas, etc.); y 3º. Los compuestos nitrogenados más simples y cristalizables (asparigina); etc. Todos ellos constituyen los principios que forman la **savia alimenticia**, o **savia elaborada**, consumida por el protoplasma incoloro de los diversos órganos de la planta.

A medida que se forma en el parénquima clorofiliano, la savia elaborada, se espesa o concentra por la pérdida de agua ocasionada por la transpiración, y pasa por los tubos agujereados de los haces liberianos, para ser distribuída a todos los órganos de la planta y necesariamente a los órganos o tejidos privados de clorofila (raíz, médula del tallo, etc.), imposibilitados de elaborar los principios orgánicos a expensa del anhídrido carbónico.

En el tronco y en la raíz, la savia elaborada es siempre descendente; siendo, por el contrario, ascendente en las yemas terminales, donde los corpúsculos verdes están en vías de perfeccionamiento y, por consecuencia, poco activos. Además, en este

último caso, como es considerable la utilización de los principios plásticos necesarios para el crecimiento, la savia elaborada, **conteniendo** estos principios, procede entonces de las hojas abiertas más próximas.

La continuidad de la savia elaborada por los tubos cribados o agujereados está asegurada, de una manera general, también por la continuidad del consumo o utilización de los principios plásticos de esta savia, por el protoplasma celular, en todas las partes de la planta.

115. **Reservas nutritivas de la planta.**—Al salir de la célula asimilatriz, donde ha tenido lugar su nacimiento, las sustancias orgánicas son inmediatamente utilizadas para la nutrición de los diferentes tejidos, o bien lo serán mucho más tarde. En el primer caso el transporte se verifica bien por los tubos cribados que ya indicamos anteriormente, o por medio de los canalillos celulares que sirven de comunicación entre el protoplasma de una célula con el protoplasma de otra. ⁽¹⁾

En el segundo caso, o sea cuando la utilización de las sustancias elaboradas no resulta inmediatamente, ellas van, en la **misma** forma que en el primer caso, es decir, por los mismos conductos, a alguna parte del vegetal donde se almacenan, en forma de **reserva**, para las ulteriores necesidades de dicho vegetal.

La formación de las reservas tendrá lugar, siempre que la cantidad de sustancias absorbidas y transformadas en forma asimilable, sea superior a la cantidad de sustancias consumidas necesarias al sostenimiento y crecimiento. Las reservas no solamente sirven ulteriormente para realizar algunas de las **funciones** de la planta, sino que también aseguran la nutrición del vegetal, cuando las condiciones del medio sean desfavorables. A este respecto debemos recordar que los vegetales, inmóviles, sufren las variaciones de las estaciones y que las materias de **reservas**, representan en ellos un papel de mayor importancia que en

(1) Aunque es por el liber—y principalmente por sus tubos cribados—por donde se verifica la circulación de las materias orgánicas, existen, sin embargo, **pequeñísimos** canales entre dos células vecinas, por intermedio de los cuales el protoplasma de una célula comunica directamente con el protoplasma de la otra. Así se pueden establecer corrientes—por vía de la osmosis—capaces de transportar sustancias orgánicas, inclusive sólidas, de una célula a otra.

el caso de los animales, donde la nutrición depende menos directamente de las estaciones.

Naturaleza de las reservas.—Las sustancias de reserva pueden ser minerales u orgánicas.

1º. **Reservas minerales.**—El agua se encuentra en todos los vegetales. Algunas plantas sometidas a una larga seca almacenan, cuando llueve, una gran reserva de agua en su tallo.

2º **Reservas orgánicas.**—Pueden ser ternarias o cuaternarias.

a) **Ternarias.**—Están representadas por los carbohidratos, los ácidos orgánicos y los cuerpos grasos.

Carbohidratos: El almidón, los azúcares y las grasas, son los más importantes. Los ácidos orgánicos, el ácido málico, ácido tártrico y ácido cítrico.

Cuerpos grasos: Los aceites, como el del ricinus; las grasas, como la manteca del cacao.

b) **Cuaternarias.**—Las reservas proteicas se presentan en los vegetales bajo la forma de **granos de aleurona**. Son granos redondeados, de la misma composición que la del protoplasma deshidratado, semejándose, por su estructura, a los leucitos; algunas veces encierran inclusiones de oxalato de cal.

116. **Dónde se acumulan las reservas.**—Se pueden acumular las reservas en todos los órganos de la planta. Estos órganos pueden ser:

1º. **Las raíces:** como en la remolacha, zanahoria, nabos, rábanos, etc., en las cuales se encuentra principalmente azúcar.

2º. **Los tallos subterráneos:** como la papa, que acumula el almidón, y el topinambur, que encierra inulina.

3º **Los tallos aéreos:** como la caña de azúcar

4º **Las hojas de los bulbos:** como las del ajo y la cebolla, cuyas escamas contienen almidón y azúcar.

5º **Las hojas de las plantas crasas:** como el agave y los áloes.

6º. **Las flores:** como la coliflor y la alcachofa.

7º. **Los granos:** las reservas pueden estar acumuladas en los cotiledones o en el albumen.

Los granos de los cereales (maíz, trigo, arroz, etc.), y los de las leguminosas (guisantes, habichuelas, etc.), encierran almidón y aleurona. Los granos del cacao encierran manteca. Los del café y dátil contienen celulosa.

8º **Las frutas:** las substancias que se encuentran en las frutas no son, hablando propiamente, reservas. Son productos de eliminación que atraen a los animales (mamíferos, pájaros, insectos), los cuales se nutren de esos productos, poniendo así en libertad los granos.

117. **Utilización de las reservas.**—Algunas materias de reserva son utilizadas poco tiempo después de su elaboración. De esta manera, una parte del almidón puesto en reserva en las hojas durante el día, desaparece durante la noche.

Hay veces que determinadas reservas son utilizadas en la primavera, después del invierno, o sea cuando la planta toma la forma de su vida activa. En otros casos, por el contrario, la utilización tarda mucho tiempo, como ocurre con las reservas contenidas en los granos, que no son consumidas más que en el momento de la germinación.

118. **Secreciones.**—En las reacciones químicas que tienen lugar en la planta, a fin de incorporar al protoplasma el alimento necesario para el sostenimiento de su vida, ocurre al mismo tiempo la formación de residuos o desechos inútiles o perjudiciales a la célula. El acto por el cual la célula se libra de esos desechos ha recibido el nombre de **eliminación** o **excreción**.

La eliminación puede hacerse por la célula de dos maneras: o bien expulsa los desechos a través de su membrana, hacia el medio exterior, o bien los deposita o inmoviliza en su interior, bajo una forma insoluble en el agua e inatacable por las diastasas del protoplasma.

Las substancias eliminadas pueden ser: materias minerales sólidas como el carbonato de calcio y el oxalato de calcio; substancias orgánicas representadas por las esencias, resinas, los alcaloides, etc.

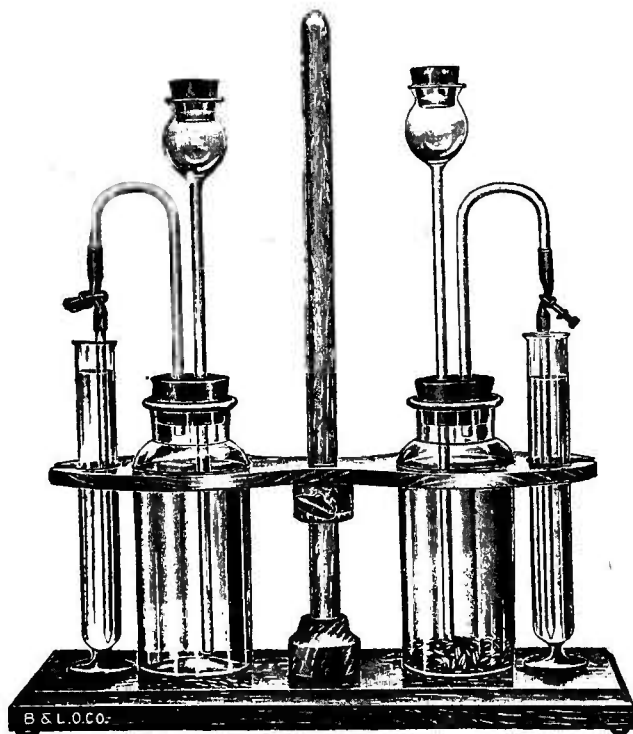
119. **RESPIRACION.**—La respiración es una función común a los animales y a los vegetales. Consiste en la absorción continua de oxígeno y en la formación y desprendimiento de anhídrido carbónico.

120. **Necesidad de la respiración.**—La respiración, por lo tanto, o sea la combustión del carbono en la célula, es el manantial de energía para la célula y, por consecuencia, para la planta, que

no es más que una asociación de células. Toda célula que vive, es decir, que gasta energía, tiene que hacerlo a condición de respirar; por ello todas las partes vivientes de la planta respiran, desde la raíz hasta las ramas más elevadas.

Los fenómenos respiratorios, que tienen lugar en las células vivientes, se manifiestan exteriormente por una absorción de oxígeno y un desprendimiento de anhídrido carbónico. Es muy fácil demostrar que las plantas verdes, como las que no lo son, colocadas en la obscuridad, realizan el fenómeno respiratorio, con desprendimiento del gas carbónico.

Si se coloca una planta bajo una campana, disponiendo al lado de ella un cristalizador conteniendo agua de cal o agua de barita, se verá a los pocos minutos que el agua del cristalizador se cubre de una delgada película formada por un precipitado de carbonato de cal o de barita. Por lo tanto, la planta ha desprendido gas carbónico. Si la planta se coloca en la obscuridad, el resultado será idéntico.



Respiroscopio de Bausch & Lomb Optical Co., para comprobar la eliminación de anhídrido carbónico por la respiración de las plantas o granos en germinación. (1).

Absorción del oxígeno.—Se coloca debajo de la campana un tubo con potasa que fija el CO^2 a medida que se desprende; se adapta a la campana un manómetro y se demostrará que progre-

(1) La probeta de la derecha contiene agua de cal; al establecerse la comunicación con el frasco que contiene los granos, se echa un volumen apreciable de agua por el tubo recto que hay en la tapa del frasco, el carbónico es expulsado y pasa a la probeta, donde forma un precipitado muy apreciable.

El frasco y probeta de la izquierda actúan como testigos.

sivamente el nivel del mercurio se eleva, porque la presión disminuye en el interior de la campana por la absorción del oxígeno.

Sin embargo, cuando una planta verde se coloca bajo una campana, a la luz, se sabe que si se analiza el aire de la campana antes y después de la experiencia, se comprobará que este aire se ha empobrecido de gas carbónico, enriqueciéndose de oxígeno,

gracias a la asimilación clorofiliana, que produce sobre el medio un efecto inverso al producido por la respiración.

En estas condiciones, el acto respiratorio, si existe, no es aparente. Cabe preguntar si la función respiratoria ha sido suprimida, o si ha sido ocultada por la asimilación.

Garreau, ha demostrado que ocurre esto último.

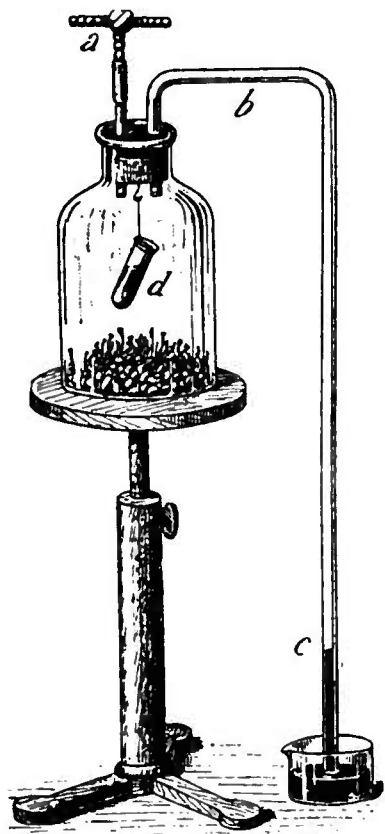
Para repetir la experiencia de Garreau, se coloca bajo una campana de vidrio, descansando sobre mercurio, una maceta conteniendo una planta verde, y al lado un cristalizador con agua de barita.

Próximo a esta primer campana, se dispone otra que también contenga un cristalizador con agua de barita, pero sin ninguna planta, para que sirva como "testigo" de la experiencia.

Expuestas las dos campanas a la luz, de modo que se favorezca la asi-

milación del carbono por la planta de la primer campana, al cabo de una o dos horas, se comprobará que el agua de barita se ha enturbiado en dicha primer campana, mientras que permanece inalterable en la otra. De ahí, pues, demostrado que cuando una planta asimila, también respira.

121. **Antagonismo de la asimilación clorofiliana y la respiración.**—Estos dos fenómenos son concomitantes y el más intenso oculta el otro. Por eso, durante la noche, la respiración se pro-

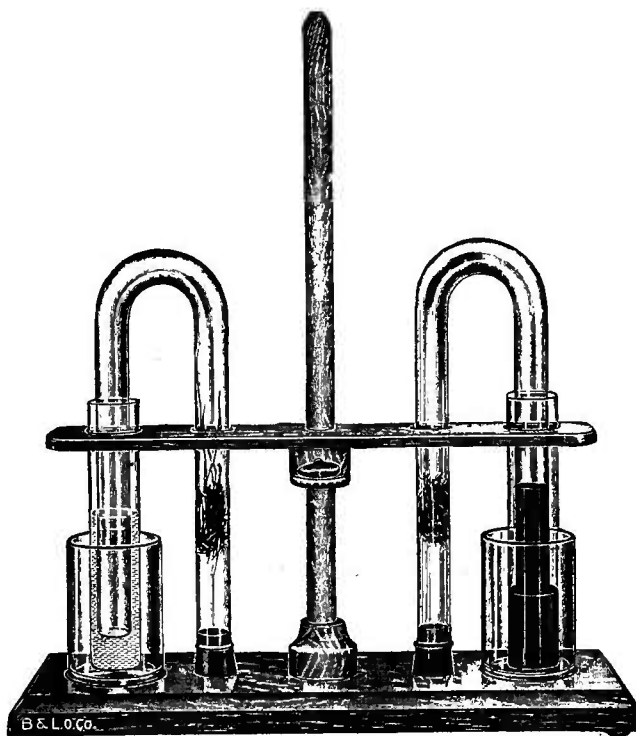


Demostración de la absorción de oxígeno por los granos: b, manómetro; c, columna de mercurio; d, potasa para fijar el anhídrido carbónico.

duce sola, la planta absorbe oxígeno y desprende anhídrido carbónico. Cuando viene la aurora, la asimilación se establece, pero como es todavía débil, la respiración es más intensa que la asimilación y la planta continúa exhalando gas carbónico a la atmósfera.

Cuando el sol está más alto y la luz aumenta, llega un momento en que la asimilación clorofiliana y la respiración tienen la misma actividad, la planta vuelve a tomar todo el anhídrido carbónico que expulsa al respirar, sin modificar, en ningún sentido, la atmósfera exterior.

Pero, como la luz continúa aumentando, la asimilación clorofiliana vendrá a ser más intensa, mientras que la respiración permanece sensiblemente la misma. Entonces la planta toma de la atmósfera mayor cantidad de anhídrido carbónico que el que ella produce por la respiración, expulsando el oxígeno que no absorbe. Habrá así, un desprendimiento continuo de oxígeno por la planta y una absorción equivalente de anhídrido carbónico.

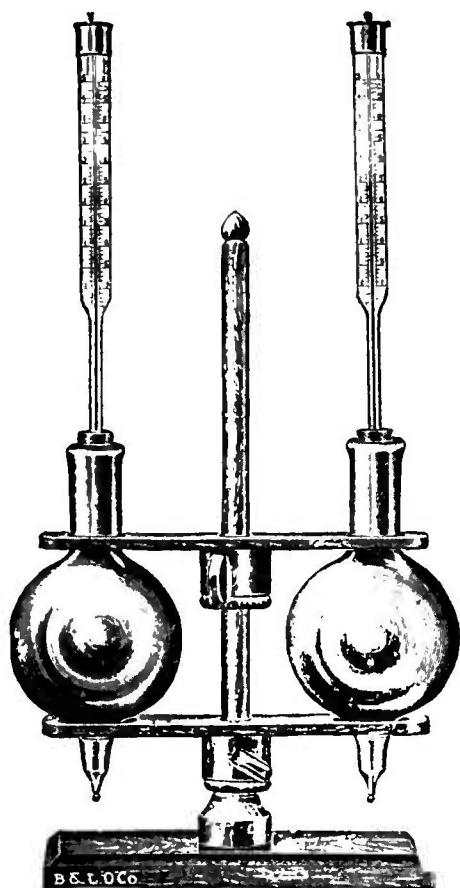


Anoxiscopio de Bausch Lomb Optical Co., para probar la necesidad de oxígeno en la vida de la planta. (1)

122. **Distinción entre la respiración y la asimilación clorofiliana.**—Por todo lo expuesto anteriormente, comprenderemos que el fenómeno respiratorio es, por lo tanto, inverso del de la

(1) En el cilindro de la derecha hay una solución de pirogalato de potasio que absorbe el oxígeno, provocando la muerte de las semillas germinadas que se encuentran en la rama izquierda del tubo en forma de U, invertida, que está en comunicación con dicha solución. El cilindro de la izquierda, que sirve de **testigo** a la experiencia, contiene agua solamente. Los granos germinados que se encuentran en el tubo en forma de U, invertida, y que está en comunicación con dicho cilindro, continúan su desarrollo normal.

asimilación clorofiliana. Mientras que el primero se efectúa en todas las células vivientes de la planta, lo mismo a la luz que en la obscuridad, el segundo no se efectúa nada más que en las células de clorofila y a la luz solamente.



Caloriscopio y calorímetro de Bausch Lomb Optical Co., para determinar el desprendimiento de calor en la respiración. (1)

Para separarlos se puede suprimir la asimilación, sin paralizar la respiración, utilizando a este efecto anestésicos como el éter o el cloroformo. En una probeta conteniendo una disolución de CO_2 se introduce una planta acuática; en otra probeta semejante se agregará un poco de cloroformo a la disolución de CO_2 . Al final de la experiencia en la primer probeta se habrá desprendido oxígeno; en la segunda probeta habrá desprendimiento de CO_2 , porque la presencia del cloroformo ha suprimido la asimilación.

123. **Variación de la intensidad respiratoria.**—La actividad respiratoria de una planta dada no es siempre la misma; su intensidad se mide por el volumen o el peso

del anhídrido carbónico exhalado durante la unidad de tiempo. También varía con la edad de la planta, su naturaleza y sus di-

(1) Esencialmente, el aparato consiste de dos botellas **termos** de 500 cc. de capacidad con termómetros que permiten estimar hasta 110 de grado centígrado. A los efectos de la experiencia se toma un lote de granos germinados, yemas, raíces, etc., que se separan en dos porciones. Una de dichas porciones se coloca en una de las botellas y se inserta el termómetro en su tapa; a la otra porción se matan todos los gérmenes de vida tratándola por el agua caliente y fría y después se introduce en el otro **terno**, ajustándose el termómetro correspondiente. Si las condiciones de la temperatura ambiente son favorables, el primer termómetro marcará muy pronto un número apreciable de grados. El aparato resulta sencillo y de fácil construcción.

versos órganos. Ella estará sometida a las condiciones del medio exterior.

Influencia de la temperatura.—La intensidad de la respiración aumenta con la temperatura hasta unos 40° C. Después disminuye.

Influencia de la luz.—La luz disminuye la respiración en las plantas verdes expuestas a la misma; el gas carbónico producto de la respiración es asimilado y la planta toma enseguida el CO² de la atmósfera.

Si se mide la intensidad de la respiración de una planta sin clorofila, primeramente a la luz y después en la obscuridad, se comprobaría que la respiración es mucho más débil a la luz.

124.—**Variaciones de la relación respiratoria.**—Cuando se analiza el aire que haya sido modificado por la respiración de una planta, se ve que el volumen de CO² expulsado es proporcional al de O absorbido. Para cada planta, el **cuociente respiratorio** es algo inferior a la unidad; es decir

$$\frac{\text{Vol. CO}^2}{\text{Vol. O}} < 1.$$

Este cuociente es independiente de las variaciones del medio exterior. En general fluctúa de 0.8, a 0.9, lo que significa que si la planta absorbe 10 litros de oxígeno, ella expulsará de 8 a 9 litros de CO², y por consecuencia 8 ó 9 litros de O, puesto que un volumen de CO² contiene su propio volumen de O.

El cuociente respiratorio varía con:

1°. **La naturaleza de la planta;** pero es independiente de las variaciones de temperatura y de luz, que pueden existir en el medio en el cual viva la planta; y

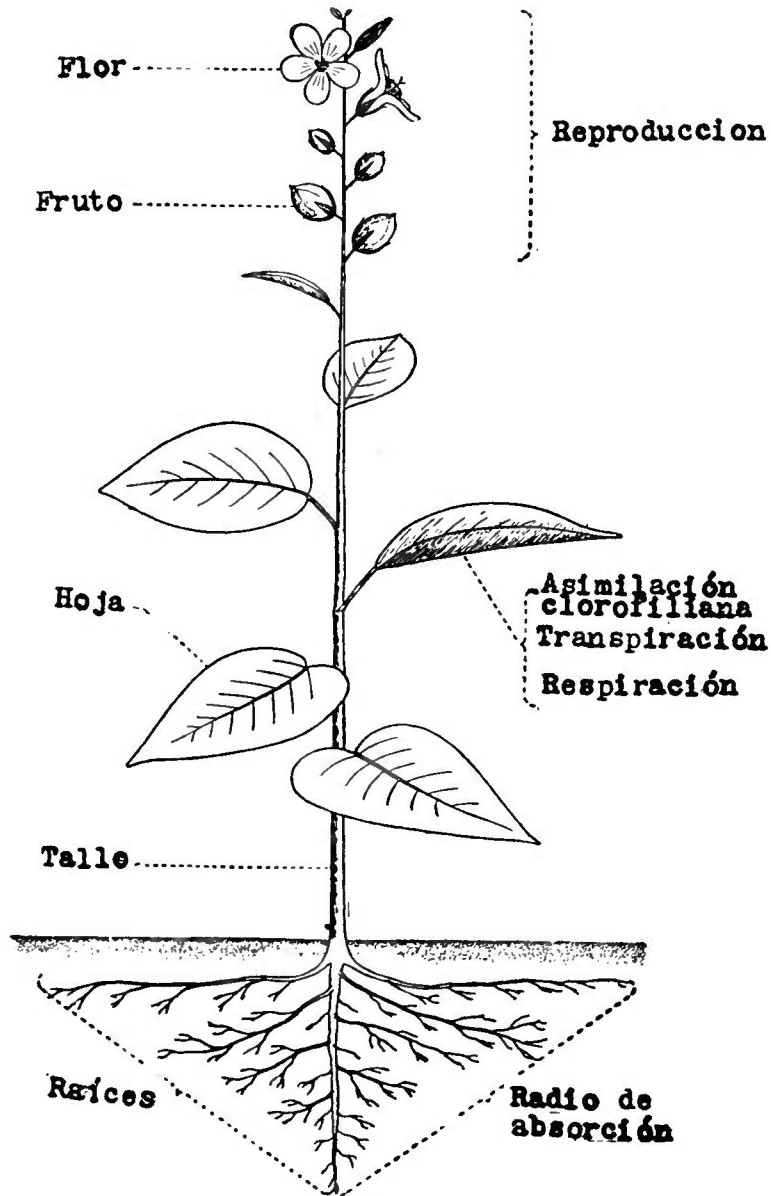
2°. **Con la edad de la planta.**—Durante la germinación el cuociente podrá variar de 0.6 a 0.5, como mínimun. Durante la floración y fructificación podrá tener un máximun dicho cuociente hasta 0.8 ó 0.9.

125. **Organos por los cuales se efectúa la respiración.**—Todas las células del vegetal respiran, pero la absorción del oxígeno y el

desprendimiento de anhídrido carbónico no se efectúa más que por ciertas regiones del organismo, a saber:

Por los granos: La respiración es débil.

Por las raíces: La absorción del aire y el desprendimiento de



Organos y funciones de la planta

anhídrido carbónico se verifica solamente por los pelos absorbentes. La respiración por las raíces será tanto más libre cuanto que la tierra esté más suelta. El laboreo de las tierras tiene precisamente por finalidad, no solamente la incorporación de los abonos, sino que también la renovación de la atmósfera del suelo,

y por consecuencia facilitar los cambios gaseosos de la respiración en las raíces.

Por los tallos y ramas: Mientras que ellos son jóvenes la respiración se verifica por los estomas, y después por las lentecillas o lenticulas.

Por las hojas: A causa de su gran superficie, la respiración es aquí mucho más intensa, realizándose, sobre todo, por los estomas, y también al través de las paredes más o menos permeables de la epidermis.

Por las flores: Aquí la actividad respiratoria es considerable, adquiriendo su máximun de intensidad en los estambres y el pistilo.

126. **La asfixia en los vegetales.**—Si se priva a una planta del oxígeno, colocándola en una atmósfera confinada, bajo una campana herméticamente cerrada, o dentro de un frasco bien tapado, donde el aire no se pueda renovar, esta planta, no pudiendo respirar más parecerá por asfixia.

Cómo los vegetales resisten a la asfixia.—Si dentro de un frasco herméticamente tapado y comunicado con un manómetro, se encierran tubérculos de remolacha o de otros frutos maduros, previamente esterilizados, se demostrará que estos órganos mueren lentamente y que habrá, aún, desprendimiento de anhídrido carbónico. Este gas carbónico no proviene del oxígeno del frasco, que ha sido utilizado inmediatamente, sino de una transformación de reservas de azúcar contenidas en los tubérculos o en los frutos.

La descomposición y transformación de los azúcares en alcohol, puede comprobarse respirando la atmósfera del frasco, de donde se desprenderá un olor característico de alcohol y de ciertos éteres derivados del alcohol.

En el manómetro, se verá subir el nivel del mercurio por el aumento de la presión interior en el frasco.

Vegetales unicelulares.—(Hongos, Bacterias). El fenómeno se observa igualmente en el caso de la levadura de cerveza cuando se coloca en condiciones de asfixia.

Si se cultiva la levadura en una solución de glucosa, en contacto con el aire, la levadura se multiplicará rápidamente, ab-

sorbiendo oxígeno y desprendiendo anhídrido carbónico, sin aparecer alcohol en la solución de glucosa. Ella tomará el oxígeno del aire, denominándose **aerobia**.

Si el cultivo se realiza en una solución de glucosa, en una atmósfera confinada, se multiplicará y crecerá, resistiendo a la asfixia, descomponiendo el azúcar de glucosa en gas carbónico que se desprenderá, y en alcohol. Esto constituirá una **fermentación** y se dice que es **anaerobia**.



127. **Conclusión.**—La respiración determina una liberación de energía. Tiene por causa esencial el protoplasma de la célula y no el oxígeno, porque si el oxígeno falta, hay liberación de energía (fermentaciones).

Transformación de la energía producida:—1º Una parte de esta energía es utilizada por la planta (crecimiento, reacciones endotérmicas). 2º. Otra es liberada bajo forma de calor, como en la germinación y floración; aunque en los vegetales, este calor desprendido se pierde por una superficie de radiación considerable; y 3º. Por último, otra parte se manifiesta en forma de luz (fosforescencia de ciertos hongos y bacterias).

CAPITULO VIII

EL SUELO

128. **Su importancia.**—Como los animales, los vegetales tienen que nutrirse para vivir y alcanzar su desarrollo completo. Son las raíces y las hojas las que sirven para esta función, según hemos visto en las lecciones anteriores, al tratar en general las funciones de la nutrición de la planta.

Las raíces y las hojas reemplazan en el vegetal el aparato digestivo y los pulmones de los animales, tomando del aire y del suelo el alimento necesario.

Como el aire es un factor dado por la naturaleza, que no podemos modificar a nuestro antojo, es necesario aceptar su composición y renunciar a ejercer—mediante él—ninguna influencia sobre la producción vegetal.

El suelo, por el contrario, es el factor sobre el cual el agricultor puede ejercer su arte y su inteligencia; factor que puede modificar de manera que resulte lo más favorable posible, y es el que suministra a la planta todos los otros materiales que ella combina en sus tejidos con el carbono tomado del aire, para elaborar las substancias necesarias a su propio desarrollo.

El problema así planteado, tiene que resolverse por los medios siguientes: a) Estudio completo del suelo arable, único factor que nos es dable transformar; b) Estudio de las relaciones de la planta con el suelo; y c) Estudio de los abonos.

129. **Definición.**—El suelo es el resultado de la desagregación de las rocas y de las plantas. Está compuesto de una **capa arable** y del **subsuelo**. ⁽¹⁾

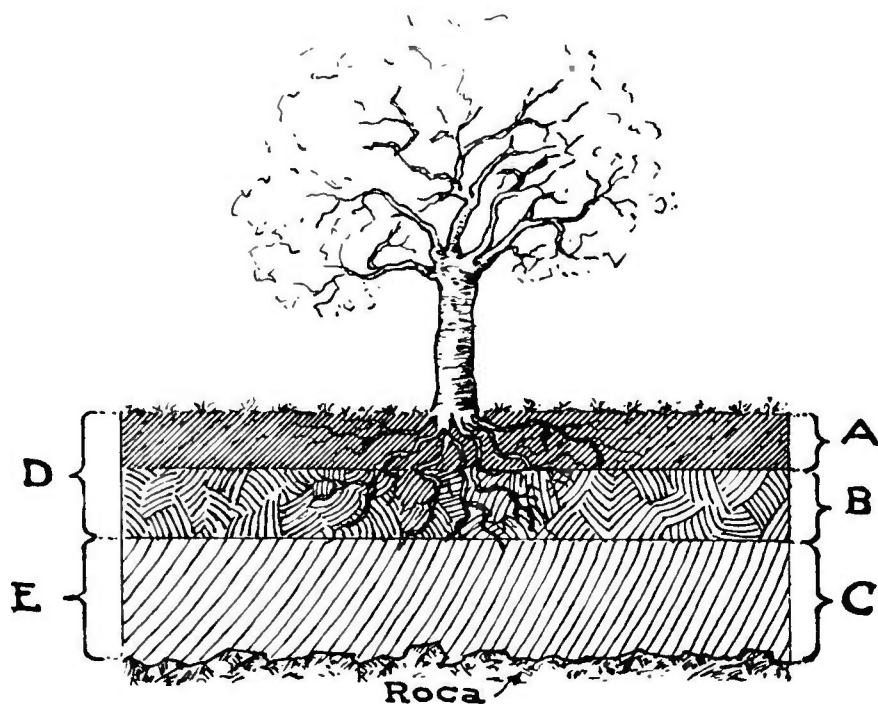
(1) Cuando la capa arable ha sido formada donde se halla recibe el nombre de suelo **autoctono**. En este caso el subsuelo tiene la misma naturaleza que el suelo.

Si la capa arable se ha formado por arrastres y demás fenómenos geológicos recibe el nombre de suelo **heteróctono**. Entonces el subsuelo tiene naturaleza distinta. Los terrenos llamados de **aluvión** han sido formados por arrastres de las aguas.

La capa arable es la corteza superficial, removida por los instrumentos aratorios y enriquecida por los abonos. Su espesor medio es de 15 a 20 centímetros. Cuando es menor de 15 centímetros es una capa arable muy débil o insuficiente. Siendo profunda, alcanza hasta 25 o 30 centímetros.

El subsuelo es la capa subyacente y difiere del suelo por su contextura, su color y su naturaleza. (1)

El suelo no es una masa inerte, simple depósito de materias nutritivas para las plantas; en él ocurren transformaciones nume-



Capas del suelo: D; suelo arable; E, subsuelo. Según Gasparin: A, suelo activo; B, suelo inerte; C, subsuelo.

rosas por las cuales se elaboran constantemente nuevos elementos nutritivos para las plantas. Gracias al concurso de millones de organismos, la mayor parte infinitivamente pequeños, es el medio donde las sustancias animales y vegetales que han cesado de vivir, se transforman de nuevo, volviendo al estado de sustancias minerales utilizables por otros seres vivos y otros vegetales.

(1) La antigua clasificación de Gasparin subdividiendo el suelo en **suelo activo y suelo inerte**, es indicada en la figura. Nosotros seguimos las clasificaciones modernas, considerando solamente el **suelo** y el **subsuelo**.

Hay por lo tanto, una cierta vida del suelo, que es necesario estudiar y conocer, porque su influencia sobre la producción vegetal es, a lo menos, tanta como la de la restitución de materias minerales útiles bajo la forma de abonos.

De ahí, pues, la necesidad de conocer los materiales que constituyen el suelo cultivable y la manera de cómo está formado, antes de estudiar aquellas transformaciones.

130. **Formación del suelo arable.**—Los agentes que intervienen en la formación del suelo arable pueden ser: a) agentes mecánicos; b) agentes químicos; y c) agentes biológicos.

Los agentes mecánicos son:—Las heladas que fragmentan las rocas al dilatarse el agua que se infiltra por sus fisuras. **Los glaciares**, cuya potente acción sobre el suelo y las paredes de las abruptas gargantas les permite transportar hacia los valles, cada vez más divididas, las piedras y fragmentos de rocas arrancadas a las montañas. **Los torrentes** que arrastran en sus corrientes impetuosas el limo, y las piedras o guijarros que al chocar entre sí, se dividen y se pulverizan.

Las alternativas del calor y del frío, sobre todo en los climas secos, determinan dilataciones y contracciones sucesivas que ejercen una notable influencia que acaba por reducir, poco a poco, a polvo las rocas cristalinas.

(Este es el origen de muchas tierras en el Norte de Africa y Asia central).

Agentes químicos: Debemos citar principalmente el agua que, cargada de gases de la atmósfera y sales minerales, representa un papel principal.

La acción del agua se desarrolla primeramente sobre los elementos solubles de las rocas, y después sobre otros compuestos con los cuales entra en combinaciones hidratadas (yeso, &). Pero su acción química será poco eficaz si el anhídrido carbónico, diversas sales minerales y las materias húmicas no le comunican o transmiten propiedades disolventes más enérgicas. Gracias a esos elementos, el agua ataca y disuelve el carbonato y el fosfato de cal; separa de las rocas silíceas la potasa, la sosa, la cal y magnesio.

Agentes biológicos.—El grupo está representado por las raí-

ces de las plantas, **microbios**, **otros vegetales inferiores** y **gusanos de la tierra**, (lombrices).

Las raíces atacan las rocas con sus secreciones ácidas, tomándose una parte de sus alimentos; se insinúan desarrollándose en las fisuras de las rocas y al aumentar de volumen desarrollan **presiones mecánicas** que provocan el resquebrajamiento. Después, al agua se infiltra por todas las brechas y activa las erosiones, con tanta mayor energía, cuanto mayor sea la cantidad de anhídrido carbónico expulsado por la respiración radicular.

Lo mismo que las raíces, los líquenes, algas, etc., y el enorme número de los seres **infinitamente pequeños**, trabajan en la destrucción de las rocas, de las que toman su alimentación mineral, y a las que envuelven en masas con oleadas de anhídrido carbónico.

Después de haber recorrido su ciclo vital, a expensas de la corteza terrestre, las plantas mueren, comenzando el trabajo de los **microbios** y otros organismos inferiores, que las vuelven a introducir, gradualmente, en el mundo mineral. Sin embargo, antes de ocurrir ésto, los despojos vegetales aparecerán bajo la forma de una sustancia negra, esponjosa, denominada **humus**, que caracteriza la capa arable del terreno.

Por último, los gusanos de la tierra, numerosos en las tierras cultivadas, absorben para nutrirse los elementos finos del suelo, los enriquecen con sus secreciones intestinales, y los reducen por trituración a un estado tal de finura extrema muy favorable a la productividad del suelo.

131. **Elementos mecánicos.**—Si se examina una muestra cualquiera de un suelo, tomada con las precauciones necesarias para que sea una imagen fiel de la masa de que ha sido extraída, se verá, que esa muestra se compone de materiales de dimensiones muy variables. Es fácil comprender la importancia de hacer una distinción en el tamaño o dimensiones de los materiales del suelo. Una tierra que estuviera formada por guijarros y piedras sería naturalmente estéril e incultivable; sería inapta para la retención de la humedad y las materias solubles, y para ofrecer a las raíces el sustento o alimento necesario. Para que las plantas puedan tomar del suelo las materias minerales indispensables, es necesario que las últimas extremidades de las raíces, **los pelos radicales**, estén en contacto íntimo con las partículas del suelo, y a este efecto estas partículas deben ofrecer a las raí-

ces la mayor superficie posible. Cuando la finura de los materiales es grande, mayor es también la superficie ofrecida a la actividad radicular.

Es indispensable, por lo tanto, que el suelo contenga una proporción grande de materiales finos y de ahí la razón porque las labores del suelo tienen por consecuencia, sin el empleo de abonos, un aumento en su fertilidad. Mullir un suelo, dividiendo sus partículas, es aumentar al mismo tiempo la cantidad de elementos nutritivos para las plantas que se cultiven en él.

En los análisis del suelo se tiene en cuenta, naturalmente, ese estado de división de las partículas.

132. **Análisis mecánico.**—La primera operación que se practica con la muestra de un suelo, es su **análisis mecánico**, que consiste en la determinación del tamaño de las partículas, separando en grupos las que tengan aproximadamente las mismas dimensiones.

Mediante la determinación de los **elementos mecánicos**, se podrá estudiar lo que afecta a la humedad y permeabilidad que necesitan las raíces; mediante el estudio de los **elementos químicos** que veremos después, se podrán conocer los **elementos nutritivos** que contiene el suelo.

La primera operación que se practica con la muestra de un suelo arable es su separación, por medio de un tamiz de 2 mm. de separación entre sus hilos, en materiales gruesos y materiales finos.





Se designa con el nombre de **elementos gruesos**, todos aquellos que no pasan a través del referido tamiz, suponiendo que su influencia sobre la nutrición vegetal es nula. Se les elimina de las operaciones analíticas destinadas a determinar la proporción de las materias útiles en el suelo, realizándose dichas operaciones únicamente con los **elementos finos**, llamados también **tierra fina**.

Fácilmente puede observarse que esa tierra fina siempre está compuesta de los mismos elementos, de un pequeño número de substancias que no varían en los suelos más que por sus proporciones, y que influyen de una manera preponderante sobre las propiedades físicas, lo que les ha valido la denominación de **elementos físicos del suelo**.

Métodos.—En la separación de las partículas según sus dimensiones y determinación del por ciento de cada grupo, hay diversos métodos y clasificaciones; pero nosotros indicamos solamente los sistemas que sigue la Oficina de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

Análisis mecánico del suelo.

La denominación, diámetro y tamaño **relativo** de las partículas del terreno es la siguiente:

NOMBRE	DIAMETRO	TAMAÑO "RELATIVO"	
Grava fina	1 a 2 milímetros		
TIERRA FINA {	Arena gruesa	1 a 0.5 milímetros	
	Arena media	0.5 a 0.25 milímetros	
	Arena fina	0.25 a 0.10 milímetros	
	Arena muy fina	0.10 a 0.05 milímetros	
	Limo	0.05 a 0.005 milímetros	
	Arcilla	0.005 a 0.000 milímetros	

133. **Composición del suelo.**—Como expusimos al principio de esta lección, el suelo es el resultado de la desagregación de las rocas y de las plantas. La desagregación de las rocas conduce a la formación de las partículas minerales; la descomposición de las plantas produce las partículas orgánicas. La mezcla de estos residuos constituye el esqueleto o armazón del suelo.

Los diversos elementos se presentan, como también indicamos anteriormente, en todos los grados de finura, desde los fragmentos de las rocas hasta las partículas impalpables de la tierra fina.

La tierra fina, que es propiamente el elemento constitutivo del suelo arable, se compone sobre todo de arena y arcilla, y de proporciones menores de calcáreo y humus.

Los intersticios que separan las partículas terrosas se llenan de agua o principalmente de soluciones diversas y por una atmósfera rica en anhídrido carbónico; un mundo de seres vivientes, como microbios, hongos, algas, gusanos de tierra (lombrices) &, se multiplica y se alimenta aquí, es decir, en dichos intersticios.

El análisis del suelo agrupa dos clases de compuestos: 1º Compuestos esqueléticos o sean la **arena, arcilla, calcáreo y humus**; y 2º Compuestos **alimenticios** o sean **las soluciones minerales**.

134. Caracteres de los elementos esqueléticos. Arena.—Está constituida por el conjunto de elementos rocosos cuyo diámetro no pasa de 1 milímetro. Puede ser: arena cuarzosa o silícea (SiO_2), arena calcárea, arena arcillosa, arena ferruginosa, etc.

Es el elemento dominante en la mayor parte de los suelos cultivados. Actúa como un agente de división, porque del tamaño de sus partículas dependerá la permeabilidad o compacidad del terreno; atenúa la compacidad de las arcillas, y mantiene alrededor de sus granos una cantidad de materias orgánicas nitrogenadas.

135. Arcilla.—Cuando pura es un silicato de alúmina hidratado que tiene por fórmula ($\text{Al}_2\text{O}_3, 2 \text{SiO}_2, 2 \text{H}_2\text{O}$) y proviene de la transformación química de los feldspatos ($\text{K}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 6 \text{SiO}_2$).

El kaolin es la arcilla blanca casi pura; las otras variedades de arcillas presentan coloraciones diversas debidas a las impurezas y principalmente al óxido férrico.

Al estado natural la arcilla se compone de dos partes: granos arenosos de finura variable y que forman la masa principal, y la arcilla verdadera, coloidal ⁽¹⁾ que cementa y aglomera los granos arenosos en una masa compacta.

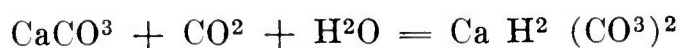
Gracias a su forma coloidal la arcilla es un elemento de cohesión en el suelo; se deja penetrar lentamente por el agua que absorbe, dilatándose hasta ser completamente impermeable, salvo

(1) Una sustancia coloidal es aquella que forma con el agua falsas soluciones, es decir, que dividida en partículas extremadamente pequeñas, permanecen en suspensión en el agua, enturbiándola.

que el agua contenga calcáreo o un ácido; al desecarse se contrae, se endurece y se agrieta; y fija con energía elementos fertilizantes diversos.

136. **Calcáreo.**—(CaCO_3).—Forma el elemento esencial de la piedra de cal, de la creta y del mármol. Actúa con efervescencia bajo la acción de los ácidos.

Insoluble en el agua pura, es atacada, disuelta y puesta en circulación en el agua del suelo, por el agua cargada de anhídrido carbónico.



Bajo esta forma coagula la arcilla, la hace permeable y concurre a la fijación de las sales fosfatadas y potásicas.

También bajo esta misma forma, es móvil, y desaparece a la larga en el suelo.

137. **Humus.**—Se designa con este nombre una materia de color negro o gris, de origen esencialmente vegetal, resultante de la descomposición de los desechos que quedan sobre el terreno (hojas, raíces, etc), o del estiércol y otros abonos de naturaleza orgánica que se incorporan al suelo.

El humus comunica a la tierra arable un matiz más oscuro que permite distinguir fácilmente el suelo del subsuelo, cuyo tinte es generalmente más claro.

El humus tiene su origen principalmente en la acción de las bacterias, ciertos hongos, y las mismas lombrices de tierra, que también pueden participar de su formación. Representa una mezcla muy compleja de compuestos orgánicos en vía de alteración y grados más o menos avanzados, de tal modo que se considera que no es una substancia de composición definida.

Papel de humus.—Retiene el agua y los abonos en el terreno; estimula la actividad química y biológica del suelo; regulariza la temperatura; da cuerpo a las tierras ligeras cementando sus partículas cuando éstas no contienen arcilla, asegurando su permeabilidad; atenúa—por el contrario—las propiedades excesivas de plasticidad e impermeabilidad de las tierras **fuertes**.

El humus y la arcilla, (ambos coloides), lejos de unir sus efec-

tos, provocando una masa extraordinariamente más coherente y plástica que la arcilla sola, se combaten recíprocamente. Por eso se les dice algunas veces “de nombres contrarios”

138. **Elementos nutritivos.**—Las sustancias que forman la armazón o esqueleto del suelo representan, o constituyen, para la planta, el papel **de sostén y de reserva alimenticia**. En realidad, ninguna tiene valor alimenticio, pero entre sus intersticios microscópicos se **almacenan las sustancias minerales** indispensables a la nutrición vegetal. Estas sustancias son:

- 1º. El agua.
- 2º. El anhídrido carbónico y la sílice.
- 3º. Los ácidos sulfúricos, nítricos, fosfórico y el cloro.
- 4º. El amoniaco, el potasio, sodio, calcio, magnesio y óxido de hierro.

138. **Propiedades físicas de las tierras.** — La productividad del suelo está subordinada a la presencia, en su seno, de los elementos nutritivos indispensables, de que hemos hablado anteriormente, y además, a sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Las propiedades físicas que debemos considerar en nuestro estudio son:

Textura del suelo.—Como hemos visto anteriormente el tamaño de las partículas del terreno es muy variable: desde la grava, fácil de apreciar, hasta las partículas más finas como el limo, arcilla, etc.

La vida del suelo, es decir, el movimiento del aire, la circulación del agua, las acciones químicas y bacteriológicas del mismo, estará determinada principalmente por el tamaño de las partículas que lo forman. El término **textura** nos expresará, por tanto, el tamaño de las partículas.

La textura de un suelo puede ser modificada por la adición de materia orgánica. Esta adición, claro está, no reduce el tamaño original de las partículas; pero si se hace en un suelo arenoso, cambiará o modificará la textura aumentando su capacidad para la retención del agua, aminorará la circulación del aire y acelerará los cambios químicos.

Si el suelo es arcilloso, su textura se modificará también, aunque en sentido contrario, por la adición de materia orgánica. Esta adición hará un suelo más suelto, aumentándose asimismo la circulación del aire y del agua.

Los suelos arcillosos, pesados para las labores del arado, se hacen más fáciles de trabajar cuando se les agrega materia orgánica.

140. **Estructura del suelo.**—Mientras que la **textura** de las partículas es de importancia para la determinación de la naturaleza física y química del suelo, la disposición, o agrupamiento de dichas partículas, tiene también una considerable importancia. De tal modo que la circulación del aire y del agua en el terreno, depende mayormente de su **estructura** que de la **textura** de las partículas, es decir, depende principalmente del arreglo o disposición de las partículas. El que un suelo sea ligero, compacto, o suelto, descansa fundamentalmente en los cambios que se introduzcan en el mismo variando su estructura, y no en la **textura** de los granos.

Formada como está la tierra arable por partículas o granos, habrá necesariamente cavidades o intersticios entre dichas partículas que pueden ser ocupadas por el agua o el aire. Esos espacios vacíos reciben el nombre de **espacios aereos** o **espacios lagunares**.

Si el espacio lagunar es más o menos considerable, así será también más o menos grande la densidad del terreno.

141. **Densidad del suelo.**—Como el terreno es una masa porosa que presenta lo que hemos llamado **espacios lagunares**, se pueden considerar en el mismo dos volúmenes diferentes.

Un **volumen aparente**, o su volumen exterior, que es el que ocupa en el espacio, y un **volumen real**, que es el volumen que realmente ocupan sus elementos, haciendo abstracción de sus intersticios.

Por consiguiente, a estas dos clases de volúmenes corresponderán también dos clases de densidades: la **densidad real** y la **densidad aparente**. La primera, la **densidad real**, mayor, es la densidad de los elementos constitutivos; la segunda, o sea la **densidad aparente**, es la densidad de la tierra con sus **espacios aereos** o **lagunas**.

142. **Tenacidad.**—Es la resistencia que los suelos oponen a la tracción. Los términos de **tierras ligeras** y **tierras pesadas**, se aplican a la manera cómo se comportan estos suelos para las labores, es decir, el esfuerzo que exigen de los equipos o atalajes del cultivo.

143. **Adherencia.**—Es la propiedad que posee un terreno de adherirse o separarse a los instrumentos de labor. De la adherencia dependerá directamente la tenacidad del terreno, porque los elementos más tenaces son los que ofrecen el mayor grado de adherencia. Cuando el grado de adherencia es pequeño o casi nulo, lo que hace que se disminuya el frotamiento, el trabajo es menos pesado.

144. **Cohesión.**—Es la fuerza que une las partículas terrosas. Es la resultante de la finura de los granos, de la proporción de arcilla y de la presión. Nula en las arenas ordinarias, es muy elevada en el caso de las arcillas. La cohesión se destruye o atenúa en las arcillas por la acción combinada de las labores, por la presencia del humus y de la arena gruesa, y sobre todo, por la cal.

El humus y la arcilla dan cohesión a los suelos arenosos.

145. **Porosidad.**—Resulta del conjunto de los intersticios que separan las partículas terrosas. Estos intersticios ocupan, según los suelos, del 20 al 60 por ciento del volumen total de la tierra.

Los poros son ocupados por el agua y por los gases de la atmósfera.

146. **Higroscopicidad.**—Es la propiedad que posee el suelo para absorber el agua de la atmósfera, manteniendo su humedad, y resistiendo a la desecación. La higroscopicidad varía con el grueso y naturaleza de los elementos del suelo: los suelos arenosos tienen poca afinidad por el agua, los arcillosos un poco más, y los humíferos el máximo. También depende del estado higrométrico del aire.

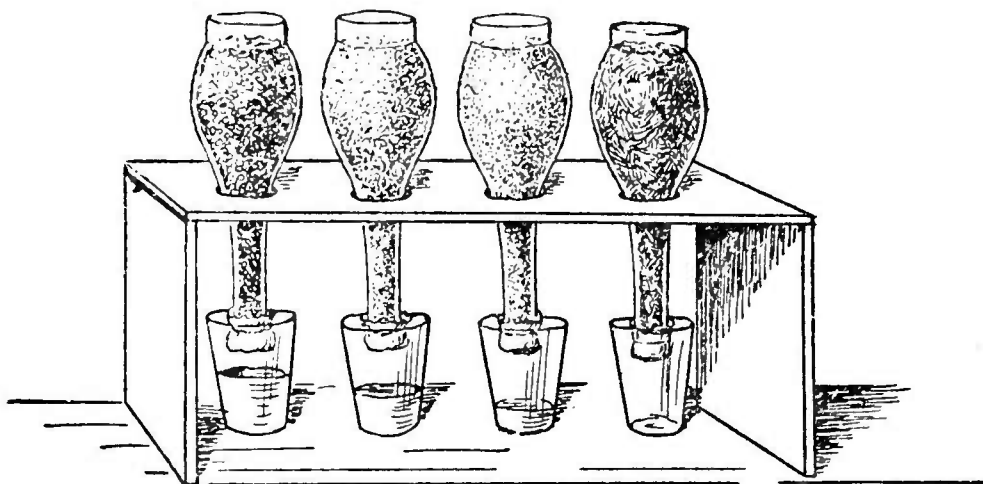
Las experiencias realizadas han comprobado que el agua higroscópica, sola, no es suficiente para el sostenimiento de la vegetación.

147. **Permeabilidad.**—Es la facilidad más o menos grande

que presenta un terreno para su penetración por el agua y el aire. La permeabilidad de un suelo depende:

- a) De la estructura, o sea la disposición o arreglo de sus partículas.
- b) De la constitución, o sea de la proporción de arcilla. (Mientras que la arena es muy permeable, la arcilla es muy poco).
- c) De la naturaleza de las sales disueltas en el agua que impregnan los aglomerados terrosos.

148. **Capilaridad.**—Es la propiedad que tiene el suelo, de dejar ascender a su superficie, a medida que ésta se deseca por la evaporación, el agua que contiene en las capas profundas. El agua asciende por los pequeños canales sinuosos que existen entre las partículas del terreno. La tierra fina, sin vacíos ni fisuras, es la que tiene mayor capilaridad; las arenas gruesas, con



Efecto de la **textura** del suelo sobre la capilaridad. (1)

el mínimo de capilaridad, favorecen poco la ascensión del agua contenida en las capas inferiores.

Las labores de rodillo modifican el grado de compresión del suelo; al comprimir la capa superficial, se da lugar a la formación de conductos capilares que atraen la humedad de las capas inferiores, aumentando por tanto la capilaridad. Las labores

(1) Se amarra una tela al extremo de cada bombillo, llenando cada uno de ellos con una tierra diferente (arcilla, arena, humus, etc.).

En vasos conteniendo 2 o 3 pulgadas de agua, se sumerge el extremo de cada bombillo. El agua ascenderá en cada caso, según la naturaleza del material contenido en los bombillos.

de grada, por el contrario, destruyen superficialmente los canales capilares y retienen el agua próximo a las raíces de las plantas.

149. **Imbibición.**—Es la cantidad de agua que retiene el suelo cuando está saturado. Esta cantidad depende del volumen de los **espacios aéreos** del suelo; cuando los espacios están completamente llenos, se dice que la facultad de imbibición **está satisfecha**, es decir, que el suelo está completamente saturado. Aunque la cantidad de agua necesaria para la saturación varía con la naturaleza del suelo, se admite, sin embargo, que la arcilla y el humus son los elementos que retienen más agua. Esta capacidad es mínima para los suelos arenosos.

La importancia del poder de imbibición es evidente desde el momento en que de él dependerá, en una cierta medida, la resistencia que podrá oponer el suelo a las sequías, reteniendo una provisión de agua entre los intervalos de las lluvias.

150. **Aptitud para el calentamiento.**—La radiación solar no reacciona de la misma manera sobre todas las tierras; sus efectos son modificados por las circunstancias siguientes:

1.—**La capacidad calorífica** y la **conductibilidad** de los elementos que componen el suelo.

La sílice presenta una capacidad calorífica mucho más débil y una conductibilidad muy elevada, con relación a la arcilla y sobre todo al humus. Su temperatura varía muy rápidamente.

2.—**El estado higrométrico del suelo.**

Las tierras húmedas son ordinariamente frías.

3.—**Las dimensiones de las partículas terrosas.**

Mientras sean más divididas las partículas, más retendrán el agua y por consecuencia serán más lentas para calentarse; y

4.—**La exposición** mas o menos perfecta del terreno a los rayos solares y el **color del suelo.**

151. **Es importante** conocer exactamente la naturaleza y las propiedades de cada uno de los elementos esqueléticos, es decir, de los elementos físicos de los suelos, porque sus propiedades aparecen en el terreno en un grado tanto más marcado cuanto mayor sea en cantidad el elemento considerado. Así, un suelo arenoso, tendrá propiedades que se aproximan a aquellas de la

arena; en un suelo rico en arcilla las propiedades de la arcilla aparecerán netamente e influirán en las propiedades **generales** del suelo.

Es por esto, que la mejor clasificación de los suelos, y la más simple, es aquella que se basa en la proporción de los elementos físicos indicados anteriormente; esta clasificación tiene en cuenta, en efecto, a la vez que la composición, las propiedades esenciales.

EL AGUA

152. **Su importancia.**—Se sabe perfectamente que ninguna vegetación es posible, sin el agua que las raíces de las plantas toman del suelo, para suministrarla a la planta en cantidad suficiente, de modo que reemplace las enormes cantidades de este líquido evaporadas por las hojas.

Durante el período de la vegetación, se establece una verdadera corriente desde la extremidad de las raíces hasta las últimas partes aéreas del vegetal, arrastrando consigo las materias nutritivas tomadas del suelo.

Si el suelo es demasiado seco, la corriente se paraliza, y como la planta continúa evaporando, se seca y muere.

No es necesario demostrar cuan variable es el agua en el suelo, dependiente como es, antes que todo, de las precipitaciones meteóricas. Se puede considerar también al agua como un factor especial de la vegetación, independiente del suelo y concurrendo con él a la producción vegetal; factor sobre el cual el agricultor no tiene más que una acción limitada, como ocurre en las pequeñas explotaciones, donde el riego es posible, y en aquellas donde las condiciones especiales permiten la irrigación.

Las cualidades del suelo están muy lejos de ejercer influencia sobre la cantidad de agua recibida, y sí sobre la cantidad de agua retenida por el mismo.

153. **El agua en el suelo.**—El agua se presenta en el terreno bajo tres formas: a) Agua libre; b) Agua capilar; y c) Agua higroscópica.

Agua libre, es el agua que se mueve en el terreno por la fuerza de la gravedad: los espacios aéreos son saturados por el agua y ésta es gradualmente introducida en el suelo por la influencia

de su propio peso. Cuando el suelo está saturado de agua, el aire es expulsado del terreno, y los procesos necesarios, o esenciales, para el crecimiento de las plantas son restringidos en gran parte. Por esto, muy pocas plantas pueden utilizar el agua libre, desarrollándose la mayoría de ellas con un color amarillento.

Agua capilar, es el agua retenida en las partículas terrosas por la capilaridad. Cuando se introducen los dedos de la mano en el agua, al retirarse éstos de la masa líquida, retendrán una película de agua a su alrededor. Del mismo modo es retenida el agua por las partículas del suelo.

La cantidad de agua capilar de un suelo depende de la “textura”, de la “estructura” y del contenido en materias orgánicas. Los suelos arcillosos retienen más cantidad de agua capilar que los suelos arenosos; pero las materias orgánicas retienen aun mucho mayor cantidad. Las experiencias y estudios realizados indican el siguiente tanto por ciento para el poder de retención del agua, o humedad capilar, de la arena fina, arcilla y turba:

	Poder de retención del agua capilar en 100 libras de suelo
Arena fina	10 libras.
Arcilla	20 „
Turba ..	190 „

Asimismo, las experiencias realizadas han comprobado que un suelo de bajo poder capilar, como un suelo arenoso, ofrece mayor facilidad para ceder su agua a las plantas que un suelo arcilloso, que posee una alta capacidad para la retención del agua.

Agua higroscópica, es el agua que se condensa sobre las partículas terrosas secas. Ya hemos indicado anteriormente que el agua higroscópica no es aprovechable por las plantas.

TIERRAS FRANCAS

154. **Definición.**—El estudio de los elementos del suelo nos ha demostrado la importancia de cada uno de ellos, importancia tal que los unos y los otros son indispensables en la constitución de un suelo normal.

Se llama **tierra franca**, aquella que posee todas las cualidades agrícolas como consecuencia de una mezcla proporcionada de todos los elementos físicos; es decir:

1º.—Suficiente arena (del 60 al 70%), para ser permeable y caliente.

2º.—Suficiente arcilla (del 10 al 15%), para la frescura, la consistencia y el poder absorbente.

3º.—Suficiente calcáreo (del 10 al 20%), para la nutrición de las plantas, la coagulación de la arcilla, y la nitrificación de las materias orgánicas.

4º.—Suficiente humus (del 5 al 10%), para la compacidad, frescura, propiedades absorbentes, y fertilidad.

5º.—Suficiente neutralidad o alcalinidad, para que puedan realizarse las reacciones microbianas del suelo.

Los esfuerzos del cultivador deben dirigirse a un mejoramiento continuo del suelo, por medio de las enmiendas apropiadas y racionalmente aplicadas, con vista a hacer del suelo un tipo de **tierra franca**. Es de estas mejoras que dependerá en primera línea el éxito de las cosechas. No hemos de perder de vista que la acción del estiércol y la de los fertilizantes químicos en particular, está subordinada a estas mejoras. Esos abonos no tendrán toda su acción, sino en las **tierras francas** y bien preparadas por las labores.

La importancia y práctica de esas labores, es decir, del **trabajo del suelo**, será considerado en otras lecciones; sin embargo, anticipemos que esas labores deben procurar a las plantas las mejores condiciones de crecimiento y de desarrollo. El grano para germinar necesita aire, calor y humedad; las raíces exigen para desarrollarse normalmente los mismos elementos, un volumen de tierra bastante grande, y un medio bien mullido. Estas condiciones se consiguen por medio de las labores.

155. **Clasificación de las tierras.**—Sin entrar a considerar los fundamentos de las variadas clasificaciones propuestas por europeos, americanos y sudamericanos, digamos que una de las clasificaciones más simples es aquella que se base en la proporción de los **elementos finos**. Según que el elemento que predomine sea la arcilla, arena, calcáreo o humus, las tierras se denominarán arcillosas, arenosas, calcáreas o humíferas; denominándose

tierra franca aquella de composición semejante a la que hemos indicado anteriormente.

Tierras arenosas.—Presentan los caracteres siguientes:

1º.—Ausencia de cohesión, fáciles de trabajar en todo tiempo.

2º.—Permeabilidad perfecta, poder absorbente nulo, no retienen el agua ni los abonos.

3º.—Rapidez para calentarse o enfriarse.

Estas tierras contienen más del 70% de arena, los abonos orgánicos se descomponen rápidamente, la vegetación es precoz pero las cosechas son raramente abundantes.

Si se trata de una tierra areno-arcillosa, es decir con un 70 a 80% de arena y un 14 al 20% de arcilla sus caracteres serán análogos; sin embargo, la fineza de la arena disminuirá la permeabilidad y la presencia de la arcilla dará un poder de absorción más elevado.

Enmiendas.—Si el subsuelo es arcilloso, deberá ser progresivamente mezclado a la capa superior por medio de labores profundas.

Si el subsuelo es arenoso, también se tratará de aumentar el contenido del suelo en humus y en darle frescura, aplicando frecuentemente estiércol, abonos verdes y riegos con fertilizantes líquidos.

En general, estos terrenos, pobres en calcáreo, deben ser encalados.

Tierras arcillosas.—Tienen del 19 al 43% de arcilla y del 48 al 67% de arena. Sus caracteres son:

1º.—Gran cohesión; son terrenos fuertes y difíciles de trabajar.

2º.—Permeabilidad débil, casi nula; gran poder absorbente para el agua y los abonos. Son tierras frías y más aereadas, los abonos se descomponen lentamente, las cosechas son tardías pero abundantes.

3º.—Se dilatan bajo la acción del agua y se ponen pastosas adhiriéndose a los instrumentos de labor.

4º.—La contracción que sufren bajo la acción de la sequedad las agrieta y endurece, de tal manera que resultan difíciles de trabajar con los instrumentos aratorios.

Enmiendas.—Adición de elementos propios para dividirlos, como el estiércol; la cal que reduce la arcilla en grumos, favore-

ciendo la descomposición de las materias orgánicas; y labores apropiadas y drenajes.

Tierras calcáreas.—Contienen más de un 20% de cal. Presentan los caracteres siguientes:

1º — Son ligeras y fáciles de trabajar.

2º — En tiempo húmedo absorben agua y se transforman en un fango pegajoso, que al desecarse recubre la superficie del suelo de una costra poco permeable.

3º — Tienen a la vez una gran permeabilidad y un poder absorbente elevado, descomponiendo rápidamente los abonos orgánicos.

4º — Las bajas temperaturas las levantan, determinando descarnaduras en las raíces de las plantas.

Enmiendas.—Como las tierras arenosas, las tierras calcáreas se mejoran por aplicaciones ligeras y frecuentes de estiércol, por los abonos verdes y abonos líquidos.

Tierras húmiferas.—Contienen más del 10% de humus y comprenden los suelos de los bosques, pantanos, etc.

Sus caracteres: ordinariamente son esponjosas, húmedas y ácidas. Se calientan y refrescan con igual lentitud.

Enmiendas.—Drenajes y encaladuras.

TIERRAS DE CUBA

156. **Tierras coloradas.**—Se encuentran principalmente en las provincias de la Habana, Matanzas y región occidental de Pinar del Río ⁽¹⁾. Son tierras originadas en la mayoría de los casos por la desintegración de rocas calizas.

Por su origen, los suelos colorados son suelos **autóctonos**, es decir, suelos que, como ya indicamos al principio de esta lección, se han formado en el mismo lugar donde se encuentran.

Son tierras pesadas y plásticas cuando están húmedas, pero como se secan pronto, resultan de las más fáciles de cultivar. La capa subyacente de estos terrenos son rocas calizas, porosas y a menudo con cavernas.

(1) Crawley.

A veces, en estas tierras existe una proporción exagerada de ácido fosfórico y una deficiencia grande de carbonato de cal, (menos del 1%), lo que resulta un medio poco propicio para las bacterias nitrificadoras del suelo. Entonces es necesario proceder a la aplicación de una enmienda, o sea a **encalarlas**.

Las tierras coloradas, altamente ferruginosas, deben su color rojo a la gran cantidad de óxido de hierro que contienen. Han recibido el nombre de **tierras secantes** porque su poder de retención para el agua es muy bajo; los cultivos en ellas sufren en las grandes sequías.

157. **Tierras negras**.—Aunque existen en casi toda la isla, sin embargo, predominan desde la Provincia de Santa Clara hacia Oriente.

De acuerdo con su procedencia ⁽¹⁾, las tierras negras de Cuba pueden ser de dos clases: unas procedentes de la desintegración de la **serpentina**, (silicato de magnesia); y otras originadas por una caliza blanda, o marga calcárea denominada “cocó”, las cuales generalmente tienen mayor proporción de arcilla que las derivadas de la serpentina.

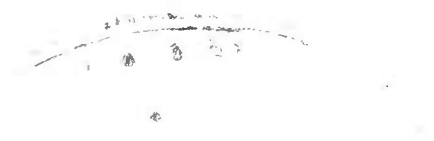
Las tierras negras son pesadas, de gran tenacidad, y difíciles de trabajar. Son buenas para el cultivo de la caña, y frutos menores.

También, a veces, las tierras negras, derivadas del “cocó”, exigen “**encaladuras**” para hacerlas más permeables y fáciles de trabajar.

158. **Tierras arenosas**.—Predominan en la Provincia de Pinar del Río y la Isla de Pinos. En su composición figuran principalmente las arenas hasta un 75 a 85%. Son terrenos de poco poder absorbente para el agua, y reclaman tanto el riego como la fertilización para los cultivos. Las tierras de **sabana**, con más de un 85% de arena, resultan ya estériles y de poco valor agrícola.

159. **Tierras calizas**.—Son poco abundantes. Están formadas por una caliza terrosa que no goza de la dureza de las calizas

(1) Muñoz Ginarte.



que originan las tierras coloradas, ni de aquellas otras (coó) que forman las tierras negras. Las tierras calizas existen por las inmediaciones de Jaruco y Aguacate. (1)

(1) Nuestro distinguido compañero, el Dr. Muñoz Ginarte, algunos de cuyos interesantes trabajos sobre los suelos de Cuba hemos consultado, propone la siguiente clasificación de dichos suelos:

TIPOS	CLASES	CARACTERISTICAS
Tierras coloradas	{ Colorada de polvillo	Menos del 10% de arcilla.
	{ Colorada ligera	De 10 a 20% de arcilla.
	{ C. mediana	De 20 a 30% de arcilla.
	{ C. fuerte	De 30 a 40% de arcilla.
	{ C. barrosa	Más del 40% de arcilla.
Tierras negras	{ Negras ligeras	Menos del 20% de arcilla.
	{ N. medianas	De 20 a 30% de arcilla.
	{ N. fuertes	De 30 a 40% de arcilla.
	{ N. muy fuertes	Más del 40% de arcilla.
Tierras arenosas	{ Arenosas de sabana	{ Menos del 10% de arcilla. y de 85 a 95% de arenas.
	{ Arenosas ligeras	{ De 10 a 20% de arcilla. y de 70 a 85% de arenas.
	{ Arenosas francas	{ De 20 a 30% de arcilla. y de 60 a 70% de arenas.
Tierras calcáreas	{ Calcáreas terrosas	De 10 a 20% de carb. de cal.
	{ Francamente calcáreas	Más del 30% de carb. de cal.

CAPITULO IX

ELEMENTOS QUIMICOS DEL SUELO

160. **Elementos principales.**—El suelo contiene, desde el punto de vista químico, un cierto número de sales destinadas a asegurar el alimento de las plantas, siendo las más importantes aquellas que contienen el **nitrógeno**, el **ácido fosfórico**, la **potasa** y la **cal**.

161. **Formas de los elementos.**—Cada uno de los cuatro elementos fertilizantes de los cuales se debe preocupar principalmente el cultivador, se presentan o revelan en el suelo bajo diferentes formas: unas útiles y otros indiferentes.

El nitrógeno, se encuentra en el suelo bajo tres formas distintas:

a) **Forma orgánica.**—Presente en el humus y en todas las materias orgánicas. Entonces se encuentra combinado con el oxígeno, hidrógeno y carbono. Bajo esta forma el nitrógeno no es utilizado por las plantas sino en muy pequeñas cantidades. Es después de la nitrificación que él será útil.

b) **Forma amoniacal.**—Combinado con el hidrógeno, (NH^3), proviene de las sales amoniacales, como el sulfato de amoníaco, que lo ha aportado al suelo, o de la transformación del nitrógeno orgánico. Bajo esta forma el nitrógeno puede ser asimilado directamente por las plantas, aunque en pequeña cantidad.

c) **Forma nítrica.**—Combinado con el oxígeno y el hidrógeno, (NO^3H), y proviene de las sales nítricas, nitrato de soda, potasa, cal, que lo han podido aportar al suelo, o es el resultado de la nitrificación. El nitrógeno nítrico es absorbido directamente por las plantas sin sufrir nuevas transformaciones.

Por último, el nitrógeno se encuentra al estado libre en el aire del suelo.

El ácido fosfórico, se encuentra en su mayor parte en el suelo al estado **tricálcico**, $\text{P}^2\text{O}^5(\text{CaO})^3$, insoluble en el agua. Sin

embargo, las plantas sacan partido de él, gracias sobre todo, a los jugos ácidos que segregan sus raíces, que atacan los fosfatos y los hacen asimilables.

La potasa, se encuentra en el suelo bajo dos formas principales:

a) En combinación con la sílice, formando silicatos de potasa, muy abundantes, pero poco asimilables; y

b) En combinación con el ácido carbónico, formando carbonato de potasa; siendo bajo esta forma que la potasa es útil y retenida por el poder absorbente del suelo.

El agua del suelo contiene siempre un poco de potasa en disolución, la cual es absorbida por las plantas.

La cal, se encuentra en el suelo bajo la forma de:

a) Silicato de cal. Forma que no ofrece ningún interés para el cultivador.

b) Sulfato de cal o yeso. En pequeña cantidad.

c) Fosfato de cal. Muy raro.

d) Nitrato de cal. Es el resultado de la nitrificación.

El nitrato de cal, soluble en el agua, constituye el alimento nitrogenado por excelencia de las plantas.

e) Humato de cal. El humus y los ácidos húmicos libres, se combinan con la cal formando los humatos de cal. Es la materia prima de la nitrificación.

f) Carbonato de cal. Es el calcáreo. Es la forma más extendida y también la más útil. Representa un papel importante, principalmente en la nitrificación, en el poder absorbente del suelo, y como alimento de las plantas.

Es tanto más activo, cuanto más dividido. El agua cargada de ácido carbónico lo disuelve y lo hace tomar la forma de bicarbonato de cal.

162. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.—Se denominan propiedades químicas del suelo el poder más o menos grande que posee para:

1º—Convertir, por medio de transformaciones químicas, los elementos nutritivos que él contiene, a un estado asimilable por la planta.

2º.—Retener los abonos solubles, que pudieran ser arrastrados por las aguas de lluvia.

Por consecuencia, las dos propiedades químicas principales del suelo son la **nitrificación** y el **poder absorbente**.

La nitrificación.—Su estudio ha sido hecho cuando tratamos los fenómenos de nutrición del vegetal.

El poder absorbente.—Es muy fácil poner en evidencia la facultad que poseen la mayor parte de los suelos de absorber ciertas substancias salinas, reteniéndolas.

Si llenamos de una buena tierra arable un tubo de vidrio ligeramente ensanchado por su base, de 30 centímetros de altura y unos 20 milímetros de diámetro, y echamos con precaución sobre esta tierra una solución de fosfato de potasa muy diluída, 1 gramo por litro, procurando que no corra el líquido por la parte inferior del tubo, podremos, al cabo de una hora, echar sobre esta tierra agua destilada. Un ensayo cualitativo del líquido que pase, nos mostrará que los dos constituyentes de la sal, ácido fosfórico y potasa, han sido retenidos casi en su totalidad por la tierra.

Si realizamos la misma experiencia con una solución de sulfato de amonio, de la misma concentración, desplazándola después, como en el caso precedente, con el agua destilada, el líquido que pasa no contendrá más que trazas de amoníaco; conteniendo, por el contrario, otra substancia fácil de caracterizar, el sulfato de calcio. Aquí la base de la sal, el amoníaco, ha sido retenido por la tierra, mientras que el ácido (ácido sulfúrico) no lo ha sido. Se ha producido una doble descomposición, entre el carbonato de calcio que contenía la tierra y el sulfato de amonio; resultando una formación de sulfato de calcio que ha filtrado, y de carbonato de amonio que ha sido fijado.

En el primer caso, ha intervenido el calcáreo, igualmente, para cambiar el fosfato de potasio en fosfato tricálcico; la potasa ha tomado, verdaderamente, la forma de carbonato. Este carbonato aunque muy soluble, ha sido enérgicamente retenido. *WV*

Estos simples hechos nos comprueban cómo ciertas substancias son retenidas por la tierra arable.

La facultad de fijación depende de la presencia de tres factores.

1º—Fenómenos de **doble descomposición**, de orden puramente químico.

2º.—Fenómenos de **absorción** entre sales o bases cristaloides y coloides minerales (sílice, silicatos zeolíticos) u orgánicos (humus); y

3º.—Fenómenos de **afinidad capilar**, como son los que se observan en la fijación de una materia colorante sobre las fibras vegetales o animales.

Esta forma de absorción no es más que un fenómeno puramente físico, cuya eficacia estará en razón directa con la finura de las partículas terrosas.

El concurso de estos tres factores asegura a la tierra arable la propiedad de fijar, a menudo en alto grado, ciertas materias salinas, de las cuales tiene necesidad el vegetal. De ello resulta, que cuando ocurre la ausencia total o relativa de esta propiedad, habrá un debilitamiento del poder fijador, provocando una esterilidad más o menos marcada del terreno.

Por consecuencia, se deberá siempre, por los medios apropiados, crear o reforzar el poder fijador, bien sea por la adición de calcáreo, margas arcillosas, abonos verdes, etc.

163. **LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS.**—Resultan del trabajo microbiano. La tierra vegetal encierra la mayor parte de los microorganismos conocidos. Según su papel, se distinguen tres categorías:

1º. **Microorganismos humificadores.**—Descomponen la materia orgánica de los restos de vegetales y animales para formar con ellos el humus.

La descomposición de los desechos se realiza bajo la influencia del aire, humedad y microorganismos.

Las materias húmicas son compuestos de carbono, hidrógeno, oxígeno y cantidades variables de nitrógeno. Cuando el suelo no contiene bases capaces de formar humatos (cal, potasa, magnesia), el humus forma el ácido húmico, que permanece libre y daña la vegetación.

2º. **Microorganismos nitrificadores.**—La nitrificación es la continuación de la humificación. Consiste en la transformación de la materia orgánica nitrogenada, mediante tres fases que ya han sido explicadas, ⁽¹⁾ en nitrógeno amoniacal, nitroso y nítrico.

(1) En el No. 92 hablamos sobre la nitrificación y sus fases.

Microorganismos desnitrificadores.—En los suelos demasiado ricos en materia orgánica, en suelos húmedos o secos en exceso, se encuentran las bacterias desnitrificantes que destruyen el trabajo de las precedentes. Los desnitrificadores son anaerobios (1) y deben ser considerados como fermentos perjudiciales a la agricultura.

3º. **Microorganismos fijadores de nitrógeno.**—El nitrógeno del aire puede ser fijado: por **simbiosis**, o **directamente**.

Simbiosis: El fermento trabaja por cuenta de otro ser viviente que la da hospitalidad.

Ciertas plantas superiores, pertenecientes a las leguminosas, enriquecen el suelo en nitrógeno elemental por intermedio de las bacterias que viven en simbiosis con ellas, en las nudosidades que se encuentran en sus raíces. Esas bacterias son el **Rhizobium leguminosorum** o el **Bacillus radicola**.

Es así, que las leguminosas suministran a estos fermentos los hidratos de carbono necesarios para su alimento; en cambio, ellos fijan el nitrógeno del aire, y lo cedan a la planta sobre la cual están fijados. Es, pues, una simbiosis. (2)

Directamente: Los microbios viven solos, y el nitrógeno que ellos toman de la atmósfera para su propio desarrollo, termina por ser incorporado al suelo por sus despojos. Aquí podemos citar los **azotobacter** y **amylobacter**, fermentos aerobios; el **Clostridium pastorianum**, fermento anaerobio. Estos microorganismos necesitan suelos ricos en materia orgánica y en humus. El enriquecimiento del suelo bajo la influencia de ellos es notable

(1) **Microbios aerobios**, que utilizan directamente el oxígeno del aire. Encuentran las condiciones más favorables para su evolución en el suelo arable. Los **microbios anaerobios**, que trabajan en la ausencia del aire libre, tomando su oxígeno de los compuestos oxigenados, orgánicos o minerales, que reducen. Evolucionan en las capas profundas del suelo.

(2) Como ejemplo de la cantidad de nitrógeno que las leguminosas proporcionan al terreno, cuando se emplean como abono verde, véanse los análisis siguientes, que se refieren a plantas verdes y en flor:

↳ Velvet-Bean (<i>Stizolobium</i> sp)	.....	0.77%	de Nitrógeno.
✓ Cow-peas (<i>Vigne sinensis</i>) ..	.....	0.33%	„
~ Soya (<i>Glycine hispida</i>) ....	..	0.71%	„
✓ Gandul (<i>Cajanus Indicus</i>) ....	.....	1.12%	„
~ Alfalfa (<i>Medicago Sativa</i>) ....	.....	0.85%	„
~ Habas Caballunas (<i>Vicia Fava Minor</i>)	.....	0.47%	„

(Calvino).

en los suelos incultos, cubiertos de vegetación espontánea; en las tierras arables su acción es muy limitada porque la escasez de hidratos de carbono no permite su evolución.

164. **PAPEL DEL SUBSUELO.**—La naturaleza y propiedades del subsuelo atenúan o acentúan, las propiedades físicas de la capa arable. Veamos en qué forma:

1º—Una tierra ligera, sobre un subsuelo permeable, no es cultivable si no se dispone de una humedad constante: irrigación o clima húmedo.

2º—Sobre un subsuelo impermeable, la misma tierra es de fácil enmienda, transformándola en fértil, si el exceso de agua tiene salida: subsuelo inclinado o zanjias de saneamiento.

3º—Las tierras fuertes, sobre un subsuelo, permeable, son generalmente tierras fértiles.

4º.—Si al contrario, ellas reposan sobre un subsuelo impermeable, el drenaje es la condición de su fertilidad.

165. **EL ANALISIS DEL SUELO.**—Fácilmente se comprenderá la importancia que ha de darse a la presencia en el suelo de las proporciones suficientes, y bajo formas convenientes, de los diversos elementos químicos del suelo. Es el **análisis químico** de los suelos, el que suministra estas informaciones, mientras que la determinación de los elementos físicos de que hemos hablado anteriormente, constituye el **análisis mecánico**.

No es nuestro propósito—ni podemos hacerlo dentro de los límites de esta obra—describir los métodos analíticos. Si no lo hemos hecho en el caso del análisis mecánico, con mayor razón nos abstendremos de hacerlo para el análisis químico.

El análisis químico de un suelo se limita, en general, en nuestros días, a dar la proporción centesimal de nitrógeno, ácido fosfórico, potasa ⁽¹⁾ y accesoriamente la cal, magnesia y ácido sulfúrico. Son, en efecto, los únicos datos o informaciones de alguna utilidad práctica, puesto que solamente esos elementos

(1) Estos tres elementos solamente existen en el terreno, en dosis medias de 0.1% a 0.2%, siendo aquellos de los cuales la planta exige la más fuerte proporción. El azufre (ácido sulfúrico), cal, magnesio, hierro, son en general bastante abundantes, y no hay que darles el valor de los tres anteriores.

deben ser objeto de una restitución al terreno con la aplicación racional de los abonos.

Análisis completo.—En resumen, el análisis completo de un suelo, dará los datos siguientes:

Análisis mecánico: elementos	{	gruesos	{	arena
		finos, (tierra fina)		arcilla
				calcáreo
				humus
Análisis químico	{	nitrógeno		
		ácido fosfórico		
		potasa		
		cal		
		magnesia		
		ácido sulfúrico		

166. **Conclusiones.**—No es necesario discutir el valor de estas indicaciones. Solamente es necesario ponernos en guardia contra las decisiones demasiado precipitadas, que suelen sacarse de los análisis del suelo; hay que insistir sobre el hecho de que el análisis químico dá la dosificación total de cada uno de los elementos y no informa, suficientemente, sobre la asimilabilidad de esos elementos.

El análisis mecánico, y especialmente la dosificación de la materia orgánica y del calcáreo, constituyen a nuestro entender, datos tan apreciables como los del análisis químico. En particular, si se une a la dosificación del humus la del nitrógeno total, se sacarán conclusiones de gran interés sobre la fertilidad del suelo, siendo esta fertilidad tanto más elevada, cuanto mayor sea en riqueza de nitrógeno el humus.

Se debe aun tener en cuenta, en la evaluación de la fertilidad de un suelo, el grado de su finura; mientras más mullida sea la tierra, mucho más las plantas buscarán, y encontrarán con facilidad, el alimento.

Otro factor importante a considerar, es la profundidad del suelo, es decir, el espesor de la capa arable, cuyo análisis se ha realizado. Es evidente que un suelo arable, que forme sobre un subsuelo impermeable y compacto una delgada capa de algunos centímetros, no será comparable con una fuerte capa, de un espesor de medio metro, o más, descansando sobre un subsuelo permeable como él.

Todos estos factores deben tenerse en cuenta en la apreciación del valor y la fertilidad del suelo; si el veredicto del análisis químico es un elemento importante, es necesario por otra parte, completarlo con las comprobaciones que hemos indicado.

RELACION DE LA PLANTA CON EL SUELO

167. **Su importancia.**—Hasta el comienzo del presente siglo, los conocimientos adquiridos sobre la nutrición de los vegetales eran a la vez incompletos y erróneos; no se admitía la necesidad de materias minerales para la vida de las plantas, creyéndose la presencia de estas materias puramente accidental. Se admitía que las plantas podían desarrollarse sin ellas, siendo únicamente la materia orgánica la que era necesaria.

No había ninguna idea de la admirable función de los vegetales, por virtud de la cual transforman las materias minerales procedentes del aire, del agua y del suelo, en materias orgánicas; se asimilaba la vida de la planta a la del animal, la cual es una **transformación** y no una **producción de materia orgánica**.

Es en gran parte a las investigaciones de Saussure, ilustre hombre de ciencia suizo, que se debe el conocimiento de esta función, la **asimilación**, o sea el conjunto de fenómenos que concurren a la formación de la materia orgánica por las plantas; investigaciones que han puesto en evidencia la necesidad de las materias minerales.

De los elementos indispensables que la planta toma del suelo, tres son particularmente importantes por su consumo elevado y su débil proporción en el suelo: el nitrógeno, ácido fosfórico y potasa. La sílice, cal y el hierro, están generalmente en bastante abundancia en el suelo, de modo que su provisión natural pueda considerarse como suficiente; el sulfúrico y la **magnesia**, poco abundantes en el suelo, son necesarios en débiles cantidades, por lo que su agotamiento es una preocupación menos inmediata.

Por otra parte, ya sabemos cómo se vuelven a encontrar en las cenizas, bajo la forma de combinaciones diversas, todos esos elementos minerales tomados del suelo, excepto uno sólo, el nitrógeno; éste vuelve al estado gaseoso por la combustión y cons-

tituye, con el ácido carbónico y el agua, los productos volátiles o aéreos de la combustión.

El mismo fenómeno se produce, en parte a lo menos, durante la descomposición espontánea de las materias nitrogenadas, bien sea al aire o en el suelo; la mayor parte de su nitrógeno sufre el trabajo de la nitrificación, y se convierte finalmente en nitratos que sirven a la vegetación; otra parte se desprende al estado libre, gaseoso, y es perdida para las plantas.

Ese hecho particular, de los más importantes, conocido bajo la denominación de la “**cuestión del nitrógeno**” es uno de los que dominan en el problema de la restitución de los elementos que las plantas toman del suelo. ⁽¹⁾

Sentados esos principios, podría intentarse el estudio numérico, o sea la determinación de las cantidades de elementos minerales que las cosechas toman del suelo; determinando asimismo la cantidad total de cada elemento en el suelo.

Sin embargo, es poco prudente establecer—por razones que el espacio nos veda estudiar—tal contabilidad del suelo. Es más práctico decir simplemente que las cantidades de elementos minerales tomadas por las cosechas deben ser, a lo menos, restituidas por los abonos.

Ese es el **principio de la restitución**: el primero y el más importante en la ciencia de los abonos.

(1) **La cuestión del nitrógeno.**—Podemos resumir este asunto como sigue:

1º.—Ciertas plantas denominadas “mejorantes”, como las leguminosas, pueden en ciertas condiciones favorables, desarrollarse sin tomar del suelo todo el nitrógeno que necesitan, porque toman una parte del aire por intermedio de microbios contenidos en sus nudosidades radiculares. Dejan, pues, el suelo más rico en nitrógeno combinado que el que había antes del cultivo.

2º.—Esta propiedad no la tienen otras plantas cultivadas, como cereales, gramíneas, etc., las cuales están subordinadas, para su desarrollo, a la presencia en el suelo de una cantidad de nitrógeno asimilable.

3º.—El nitrógeno asimilable es esencialmente aquel de los nitratos formados poco a poco en el suelo, a expensas de la materia orgánica, mediante la nitrificación. Los nitratos que no son utilizados por los vegetales, son arrastrados por las aguas.

4º.—Si por consiguiente, existe un factor de reconstitución del nitrógeno combinado del suelo, existen por el contrario, numerosos factores de agotamiento. En un suelo normal, sobre todo en un suelo trabajado, sometido a una regular alternativa de cosechas, el agotamiento sobrepasa la reconstrucción y hay necesidad de recurrir no solamente al cultivo de “plantas mejorantes” sino que también al empleo de abonos nitrogenados.

Es exacto considerar al suelo como una **fábrica** destinada a la transformación en productos comerciales o en substancias vegetales, las materias primas. Materias primas que son: de una parte, los principios minerales que el suelo aporta, y que es necesario restituir al suelo por medio de los abonos; de otra parte, los principios suministrados por la naturaleza: el aire y el agua.

El industrial (que es el cultivador en este caso) debe tener el mayor interés en sacar todo el partido posible de esos elementos gratuitos, que nada le cuestan; suministrando, en cambio, al suelo los elementos minerales necesarios que le restituyan, a lo menos, todo lo que ha sido tomado por las cosechas.

Qué diríamos de un industrial, de un aserrador por ejemplo, que poco a poco utilizara las vigas u horcones del edificio donde tiene su industria, transformándolos en tablas para vender? Tal es el caso del agricultor que agota su suelo: él destruye poco a poco su **fábrica**.

De aquí la capital importancia de los abonos y la necesidad de su estudio.

CAPITULO X

ABONOS

168. **Definición.**—Se puede considerar como abono toda substancia que, procedente del suelo, directa o indirectamente, es capaz de sufrir en el terreno las transformaciones necesarias para su utilización futura.

169. **Cómo se dividen.**—La primera división que hacemos de los abonos establece dos grupos: **abonos naturales** y **abonos artificiales**.

Los **abonos naturales**, son aquellas substancias que procedentes del suelo, restituyen al terreno, cuando se aplican al mismo, por lo menos una parte de los elementos que les fueron suministrados por el suelo.

Todos los desperdicios o desechos de vegetales y animales, que no tienen otra utilización más ventajosa, las deyecciones de los animales, etc., están en esta categoría.

Para su estudio, restringiremos un poco esta categoría, comprendiendo en ella solamente los abonos producidos directamente por la explotación agrícola, que no cuestan al agricultor ningún desembolso, aunque sí cuidados inteligentes, orden y atención.

Son **abonos artificiales**, o mejor dicho **abonos comerciales**, todas las substancias que sin provenir directamente del suelo arable se prestan, sin embargo, a restituirle uno o varios de los elementos de la fertilización.

Esta categoría comprende primeramente los abonos minerales: las rocas fosfatadas, las sales potásicas y los nitratos; después, los subproductos de las industrias: las sales amoniacales, la cianamida, las escorias fosfatadas, etc. Por último, agregamos substancias que pudieran figurar también en la primera categoría, pero que siendo objeto de comercio, entran en la de los abonos comerciales: los polvos de huesos, abonos de sangre,

cuernos, lanas, etc., o sean, en general los desechos de los animales y las tortas de los vegetales.

Todos estos productos contienen uno o varios elementos fertilizantes, que hace que se les estudie como abonos, y que han dado nacimiento a industrias considerables que se ocupan de su preparación y de su venta.

ABONOS NATURALES

170. **División.**—Los abonos naturales, o abonos de la finca, se clasifican teniendo en cuenta su procedencia en: **abonos vegetales**, **abonos animales**, y **abonos mixtos**, formados—éstos últimos—por la mezcla de los dos precedentes.

171. **Abonos vegetales.**—Pueden ser: **abonos verdes** o **abonos secos**.

a) **Abonos verdes.**—Son aquellos abonos suministrados por el enterramiento en el suelo de los residuos de cosechas o de plantas en plena vegetación, aumentándose así la cantidad de materia orgánica, y si la planta escogida es una leguminosa, la cantidad de nitrógeno combinado. Empléanse plantas de semillas poco costosas y de vegetación rápida y abundante.

b) **Abonos secos.**—Comprenden diversos residuos de industrias agrícolas: residuos de la vinificación; de destilería, que no sirven para alimento del ganado, debiendo ser empleadas como abono. Las tortas de cañaza procedentes de la fabricación del azúcar de caña y la pulpa de la remolacha deben ser incluidas en esta clasificación.

A pesar de que la riqueza en potasa del bagazo es muy superior a la de las cachazas, sin embargo, su utilización como abono potásico tiene una limitación con el uso que, primordialmente, se hace del bagazo como combustible en los hornos.

Además de la utilización del bagazo como combustible y como abono, modernamente se utiliza par la fabricación de papel para envolver. También se fabrica un cartón grueso (beaverboard). (1)

(1) En el capítulo sobre la fabricación de azúcar y sus industrias derivadas, se tratan con más detalles éstas, y algunas más, de las industrias a que ha dado lugar la utilización de los subproductos de la industria azucarera.

Los resultados promedios obtenidos por la Estación Experimental Agronómica, en los análisis de cachazas y bagazo de nuestros ingenios, son los siguientes:

CACHAZAS

	Seca	Fresca
Humedad	14.50%	34.40%
Nitrógeno total	2.03%	1.63%
Anhídrido fosfórico total	2.38%	2.52%
Potasa soluble	1.13%	0.84%
Cal (Ca.O)	3.21%	4.02%

BAGAZOS

Humedad	23.27%
Cenizas	2.55%
Potasa soluble (en las cenizas)	12.71%

CENIZAS

Potasa soluble	4.0 %
--------------------------	-------

172. **Abonos animales.**—Comprenden los desechos de origen animal que se obtienen sin costo alguno; dejando, para tratarlos como abonos comerciales, aquellos que, aunque también de origen animal, son obtenidos comercialmente.

Mientras que en los vegetales la materia orgánica nitrogenada es poco abundante, localizada en ciertos órganos como los granos, en el organismo animal, por el contrario, es la materia nitrogenada la que forma la masa de los tejidos diversos: músculos, piel, huesos, etc. Por consecuencia, la sustancia animal, con la excepción de las grasas, es un abono nitrogenado rico, de fácil descomposición y que puede producir un humus más rico en nitrógeno—de una nitrificación más activa—y más rápida que el humus vegetal.

Es por esto, que no deben dejarse perder los desperdicios o desechos animales producidos en la explotación.

En esta categoría de abonos animales, debemos colocar las **deyecciones humanas**, abono importante, de un valor fertilizante considerable, y fácilmente transformable en humus.

No será nuestro propósito abordar el problema de la utilización de las deyecciones de las grandes ciudades; limitándonos a señalar, someramente, la aplicación de estas materias altamen-

te apreciadas por ciertos pueblos, como los Chinos y los Flamencos.

Empleo.—Este abono se aplica, después de la adición de agua, a las legumbres, plantas forrajeras, cereales y particularmente a las plantas industriales.

Primeramente es desinfectado, quitándole el olor por la adición de diversas sustancias: mezclas de ácido fénico, de cal, de sulfato de hierro, de cenizas, de tierra y sobre todo de turba seca; después, es aplicado al terreno antes o después de las siembras, según los casos.

Los desinfectantes químicos no son, desde luego, de un empleo realmente práctico y económico. En Gennevilliers y en Acheres, Francia, el líquido procedente de las alcantarillas y cloacas de París, es distribuido por canales que circundan arriates o canteros de 10 a 50 centímetros de altura. Sobre estos arriates o canteros, se hacen los cultivos, de modo que no hay ningún contacto posible entre la parte aérea del vegetal, que es la que se recolecta generalmente, y la substancia repugnante, pero fertilizante, que llega sin embargo a las raíces, actuando con eficacia de la cual nos podemos dar cuenta **de visu**.

El aire, el sol y la tierra son más seguros destructores de microbios que los fenoles, lisol y otros específicos terminados en **ol**.

Composición.—Las deyecciones humanas, están formadas por el conjunto de las orinas y las materias fecales.

Un kilogramo de este compuesto, contiene como promedio:

3.7 gramos de nitrógeno.	1.5 gramos de potasa.
1.6 gramos de ácido fosfórico.	1.00 gramo de cal.

Propiedades: El abono humano ejerce sobre la vegetación una acción rápida y enérgica, pero su eficacia no se prolonga más allá de un año y no se ejerce, como la del estiércol, sobre las propiedades físicas del suelo. Su amoníaco se volatiliza en las mismas condiciones que en el purín.

Deyecciones de aves de corral.—El excremento de la paloma tiene de 3% a 5% de nitrógeno y de 1% a 2% de ácido fosfórico. La producción de una paloma está calculada en 2 a 4 kilogramos de excremento por año.

Las deyecciones de gallinas, llamada también **gallinaza**, representan unos 6 kilogramos por animal, al año, y sólo contiene de 1% a 1.5% de nitrógeno. Son deyecciones muy fermentables y desprenden pronto el amoníaco; es útil adicionarles yeso o elementos absorbentes como turba, aserrín, etc., para evitar estas pérdidas amoniacaes.

Deyecciones líquidas de los animales. (Purín).—Resulta de la mezcla del agua con las orinas y los líquidos del estiércol. Su composición promedio, por litro, es:

2.2 gramos de nitrógeno.	5.0 gramos de potasa.
0.2 gramos de ácido fosfórico.	0.2 gramos de cal.

Es, como las orinas, un abono nitrogenado y potásico.

Este abono líquido, que proviene de los establos y caballerizas, entra también en la categoría de los abonos animales. Esas deyecciones, como las del hombre, exclusivamente formadas de sustancias disueltas en el agua, son mucho más activas aun que las deyecciones sólidas; contienen materias orgánicas que ya han sufrido dentro del cuerpo animal un principio de combustión, y por consecuencia están próximas a las condiciones de las materias minerales, es decir, más aptas para ser utilizadas por la planta.

Como puede observarse por el análisis, los elementos predominantes en el purín, son el nitrógeno y la potasa, solubles y rápidamente asimilables.

El amoníaco que contiene se volatiliza rápidamente, bien sea por la acción del calor solar, o por la acción del calcáreo o de la cal.

Su eficacia está subordinada a la presencia, en el suelo, del ácido fosfórico absorbible.

Empleo.—El purín se usa frecuentemente para regar el estiércol, haciéndolo más activo; sin embargo, las pérdidas de nitrógeno resultan entonces en cantidades enormes.

El purín empobrece en cal a los suelos, en virtud de la acción disolvente que las sales alcalinas desarrollan sobre esta sustancia; por esto es conveniente completar el empleo de este abono líquido con la aplicación de un abono, calcáreo, cuando se trata de tierras poco o nada ricas en calcáreo.

173. **Abonos mixtos.**—Son mezclas más o menos íntimas, y de la misma combinación al cabo de un cierto tiempo, de sustancias de origen vegetal y animal, y aun a veces mineral.

Comprendemos dos abonos en esta categoría: el estiércol y el “compuesto” o “abonos compuestos”

a) **El estiércol.**—Es el abono por excelencia, conocido por sus propiedades fertilizantes, y empleado desde la más remota antigüedad. Sin embargo, fué en el curso del siglo pasado que empezó a preocupar la naturaleza de su acción y las transformaciones indispensables para esa acción.

Teoría del humus.—En tiempos en que reinaba la **teoría del humus** de Thaer, según la cual, la materia orgánica en descomposición era un alimento directo de las plantas, no era difícil explicar la acción fertilizante del estiércol; éste era materia orgánica abundante, que podía ser absorbida de nuevo por los vegetales, sirviéndoles directamente de alimento.

Cuando los trabajos de Saussure y otros fisiólogos demostraron la nutrición aérea de las plantas, y el verdadero modo de formación de la materia orgánica vegetal; cuando por otra parte, Liebig, hubo mostrado el valor fertilizante de las materias minerales, en particular de los fosfatos, una reacción tuvo lugar, y se vino a admitir que solamente las materias minerales del estiércol eran realmente útiles, no siendo la materia orgánica más que un lastre sin valor.

A esta exageración evidente, la respuesta experimental era fácil. Boussingault, fué el primero: “Si es necesario, decía él en su refutación, creer a M. Liebig, si las partículas minerales de los abonos son solamente las útiles, los cultivadores somos grandes torpes. Desde hace centenares de años ellos transportan penosamente su estiércol a los campos, con costo elevado del tiro. Sería mejor quemar el estiércol, para obtener así una pequeña cantidad de cenizas, cuyo transporte se puede hacer en un pequeño carro”

Claro está, que los ensayos verificados, comprobaron la exageración de la teoría.

Si es cierto que la teoría de Liebig era errónea en lo que concierne al valor fertilizante del estiércol, ella era exacta en cuanto al papel de las materias minerales, y ha tenido sobre la agri-

cultura una influencia considerable: la industria de los abonos químicos le debe su nacimiento y su gran desarrollo.

En cuanto al estiércol, lejos de recibir un golpe funesto por el desarrollo de esas industrias de abonos químicos, por el contrario, a medida que se extiende más el empleo de estos últimos, el valor del estiércol y su importancia agrícola aumenta también.

El estiércol no es otra cosa, en el momento de su producción, que una mezcla heterogénea de las deyecciones sólidas y líquidas de los animales con las pajas de sus camas. Las deyecciones líquidas son más o menos absorbidas por esta paja, aserrín, turba, etc., corriendo el exceso no absorbido, hacia la fosa de purín.

Diferente de este estiércol fresco, es el **estiércol hecho** o **consumido**, tal como se le encuentra en las capas profundas de una pila, después de algunos meses de permanencia en ella.

La composición del estiércol depende sobre todo de la naturaleza de la cama y de las deyecciones, es decir, de los animales que existan en el establo o caballeriza. Se sabe, a este respecto, que el caballo y la oveja dan un estiércol más rico, más **caliente**, que el del buey o la vaca; el cerdo da el estiércol más pobre.

Composición, por tonelada, de las deyecciones de algunos animales domésticos

Animal	Agua, por ciento	Lbs. Nitrógeno	Lbs. Acido Fosfórico	Lbs. Potasa
Caballo	78	14	5	11
Vaca	86	12	3	9
Cerdo	87	10	7	8
Gallina	88	32	32	16
Oveja	68	19	7	20

Cuidados que reclama el estiércol.—Al salir de los locales donde se produce, raras veces es posible utilizar inmediatamente el estiércol. Las circunstancias obligan a tener un emplazamiento, donde el estiércol es acumulado y tratado para conseguir este triple fin:

1º.—Obtener una mezcla íntima de las camas con las deyecciones sólidas.

2.^o.—Proteger el abono contra las pérdidas que lo empobrecen.

3.^o.—Provocar en la masa una fermentación moderada y regular que aumente su riqueza fertilizante.

La realización de estos propósitos, está subordinada a los cuidados que se den al estiércol en el **establo** y en la **pila de conservación**.

En el establo, es necesario procurar que el pavimento sea impermeable y que las orinas sean conducidas lo más rápido posible, por canales mantenidos bien libres, a una cisterna o fosa.

Las camas deben ser en cantidad suficiente y con una capacidad de absorción que evite las pérdidas del amoníaco. El estiércol deberá ser recogido diariamente, de modo que no se acumule en el local.

En cuanto a las pilas de conservación, requieren un emplazamiento escogido; una formación cuidadosa y algunos cuidados de entretenimiento.

El emplazamiento del estiércol puede hacerse sobre una plataforma o en una fosa. La plataforma es más económica que la fosa, pero exige un asiduo cuidado del estiércol.

La fosa, por el contrario, presenta las siguientes ventajas: protege mejor el estiércol contra la estratificación y de un riego insuficiente. En cambio, es costosa su construcción.

De todos modos, bien se trate de plataforma o fosa, deberán construirse de fácil acceso; de dimensiones suficientes en relación con el número de animales y su alimentación; revestidas de un pavimento impermeable y dispuesto en pendiente para que el purín corra hacia una cisterna herméticamente cerrada, próxima a la pila; y establecerlos a la sombra, preservándolos de las aguas pluviales, goteras, etc.

Suele recomendarse dividir el emplazamiento en dos compartimentos, destinando uno a una pila en formación y el otro a una formada y en plena fermentación. De este modo se dispone siempre de estiércol fresco en una y de estiércol bien descompuesto en la otra.

La mayor atención del estiércol tiende a atenuar las pérdidas de nitrógeno. Para ello resulta conveniente hacer pilas que no deberán pasar de dos metros de altura; los riegos frecuentes, abundantes y metódicos que favorecen su descomposición, fijan-

do el amoníaco y evitando casi completamente las pérdidas de nitrógeno gaseoso.

Cantidad de deyecciones producida por 1,000 libras de peso vivo

Animal	Excremento, por año. Toneladas.	Excremento con las camas, por año. Toneladas.	Nitrógeno por año. Libras.	Acido Fosfórico, por año. Libras.	Potasa por año. Libras.
Caballo	8.9	12.1	153	81	150
Vaca	13.5	14.6	137	92	140
Oveja	6.2	9.6	175	88	133
Cerdo. ...	15.3	18.0	331	158	130
Gallina ...	4.3	4.3	302	119	72
Ternero ...	12.4	14.8	150	105	102

Empleo.—Cuando se va a emplear el estiércol es separado de las pilas por cortes verticales dados con instrumentos apropiados; se carga en los vehículos y es distribuido sobre el terreno en pequeños volúmenes iguales espaciados a unos 7 metros. Para evitar la pérdida de elementos fertilizantes y asegurar una eficacia igual sobre todos los puntos del terreno, es necesario extenderlo sobre el suelo e incorporarlo a éste por medio de una labor.

Dosis.—Varía extraordinariamente según la clase de los terrenos, proporción de materias fertilizantes que contenga el estiércol y el suelo, y cultivos a explotar.

Se distinguen las dosis ordinarias de unos 25 a 30 mil kilogramos por hectárea y las dosis pequeñas, de 15 a 20 mil kilogramos por hectárea.

En las tierras frías y compactas, el estiércol lento en su descomposición, se aplica con gran anticipación en dosis elevadas y muy espaciadas; mientras que en las tierras ligeras, la descomposición es rápida, el poder absorbente débil, por lo que se abonará más a menudo, aunque a dosis más moderadas.

Compuestos.—Son abonos constituídos por diversas mezclas, hojas secas, desperdicios domésticos, ceniza, cieno, pajas, barre-duras, etc., etc. Se reúnen en montones para transformarlos en **compuestos** que suministran excelente abono, rico en cal, de una acción rápida.

A este efecto, las materias se amontonan en capas de unos 10 centímetros de espesor, espolvoreándolas con cal viva. En la

parte superior se pone una capa de tierra, regando cada cierto tiempo para mantener la humedad y activar la descomposición.

Se deja en reposo por algunos meses, y se vuelve a remover, haciendo una nueva pila, para activar aun más la descomposición, haciendo el abono más homogéneo. Se puede emplear el abono cuando todo está bien pulverizado.

El **compuesto** actúa por los elementos fertilizantes que contiene, mejorando las tierras al suministrarles calcáreo, mucho humus y numerosas colonias de microbios.

Resulta un producto que puede contener hasta 10 gramos de nitratos por kilogramo. Es un abono que no cuesta nada si se habitúa al personal de la finca o explotación a un cierto orden, de modo que la pila o montón del **compuesto** no debe faltar en ninguna finca por modesta que sea ella.

174. **Cuadro de la división de los abonos.**—Como resumen, podemos establecer el siguiente cuadro que comprende todos los abonos que consideramos en esta obra:

DIVISION DE LOS ABONOS

(A)	{	Vegetales:	{ Verdes. } Secos.
Abonos naturales:		Animales:	{ Deyecciones humanas, de aves, purín, etc.
		Mixtos:	{ Estiércol. } Compuesto.
(B)	{	Simples o materias primas:	Nitrogenados: { Nitrato de sodio y de calcio; sulfato de amoníaco; cianamida; nitrogenados orgánicos: sangre, cuernos, pelos, tortas oleaginosas, etc.
Abonos artificiales o comerciales:			Fosfatados: { Fosfatos de origen animal: huesos, polvo de huesos, guanos, etc. Fosfatos de origen mineral: fosforita; apatito; coprolitos; fosfatos Thomas, fosfatos térmicos, etc.
		Abonos compuestos o mezclas:	Potásicos: { Sales de Stassfurt, cloruro y sulfato de potasio, kainita, etc.

Nota.—Los abonos del grupo (A) son obtenidos en la explotación sin desembolso alguno; los del grupo (B) son suministrados a la agricultura por el comercio o la industria de los abonos.

ABONOS COMERCIALES

175. **Clasificación.**—Comprendemos bajo esta denominación, todos los productos que son suministrados a la agricultura por el comercio o la industria de abonos, en oposición a los abonos de la primera categoría, que son producidos en la finca sin ningún desembolso monetario.

Si esta clasificación no es absolutamente científica, es sin embargo, más práctica, y responde mejor a la realidad de los hechos.

Los **abonos comerciales** pueden ser, también, objeto de una subdivisión, a saber:

- a) **Abonos simples o materias primas.**
- b) **Abonos compuestos, o mejor dicho, mezclas.**

176. **ABONOS SIMPLES.**—Llamamos abonos simples o materias primas, los productos que en general (con excepción del nitrato de potasio y los polvos de huesos) no ofrecen más que un elemento fertilizante, de los tres de que se ha hecho mención (nitrógeno, fosfórico y potasio).

Estas materias primas, o abonos simples, los clasificamos en: **abonos nitrogenados, fosfatados y potásicos.** Se les llama materias primas, porque sirven para la fabricación de las **mezclas** de abonos, las cuales son, en efecto, una mezcla mecánica, íntima, de varios abonos simples.

Al principio del empleo de los abonos químicos, no se utilizaban más que abonos simples; el empleo de abonos mezclados vino después, basándose en la teoría de “los dominantes” y en una manera muy imperfecta de considerar la nutrición de las plantas. (1)

Cuando se aplican estas mezclas de abonos no solamente hay necesidad de considerar las exigencias de la planta cultivada, dándole el alimento que se supone necesita, sino que también debemos considerar la naturaleza y la composición del suelo, que

(1) La teoría de “los dominantes” nos dice que cada vegetal parece tener una especial predilección por uno de los elementos de la fertilización; elemento que se llama “la dominante”. Así la “dominante” de la papa es la potasa; etc. La teoría—debida a George Ville—no es absoluta, porque las plantas lo mismo que los animales, exigen una alimentación completa.

representan un gran papel en las cuestiones de la fertilización. No preocuparse nada más que de las necesidades de la planta, es hacer una obra incompleta y por ello, a menudo, irracional.

177. **Abonos nitrogenados.**—El valor de estos abonos es determinado por la proporción de nitrógeno que ellos contienen. Los principales son:

- a) El nitrato de sodio y nitrato de calcio.
- b) El sulfato de amoníaco.
- c) La cianamida.
- d) Las sustancias diversas de origen animal o vegetal, como la sangre, cuernos, cueros, carnes, tortas de granos oleaginosos, etc.

El nitrato de sodio o salitre de Chile.—Ha adquirido una gran importancia. Es una sal blanca, de cristales transparentes, muy solubles en el agua, compuesta de sodio y ácido nítrico, conteniendo, tal como se encuentra en el comercio, de un 15 a 16 por ciento de nitrógeno nítrico. Se le encuentra en abundancia en determinadas regiones del Perú y Chile

Es un abono activo que actúa únicamente por el nitrógeno que contiene. Como abono incompleto conviene asociarlo al fosfato y, si el suelo lo reclama, a las sales potásicas. Es absorbido y utilizado directamente por las plantas, razón que explica la rapidez de su acción.

El nitrato de potasa o salitre ordinario.—Compuesto de potasio y ácido nítrico; es por lo tanto, a la vez, un abono potásico y nitrogenado. Es poco empleado en agricultura a causa de su precio elevado, prefiriéndose, por el contrario, el nitrato de sodio y las sales potásicas.

El nitrato de calcio o salitre de Noruega.—Es un producto industrial, elaborado en las fábricas que preparan el ácido nítrico tomando el nitrógeno del aire, y combinándolo al efecto, con el calcio. Es una industria muy desarrollada sobre todo en Noruega, donde las importantes caídas de agua permiten la producción, a bajo precio, de la energía eléctrica necesaria.

El nitrato de calcio tiene un 13 por ciento de nitrógeno, sirviendo a los mismos fines que el nitrato de sodio. Su contenido

en cal lo hace eficaz, particularmente en los suelos pobres en esta substancia.

El nitrato de amoníaco o salitre amoniacal.—También es un producto de la industria química, y contiene un 35 por ciento de nitrógeno. Es el más rico de todos los abonos nitrogenados y el más utilizado por las industrias.

Sulfato de amoníaco.—Sal blanca, soluble en el agua, con un 20 a 21 por ciento de nitrógeno amoniacal. Se le fabrica por la destilación de aguas de lavados del gas del alumbrado, de los hornos de cok, dirigiendo el amoníaco que se desprende sobre el ácido sulfúrico.

Es también un abono exclusivamente nitrogenado y cuanto hemos dicho a este respecto del nitrato de sodio, es aplicable aquí. Es menos activo que el nitrato y tiene la propiedad de ser absorbido por la tierra fina. No se le debe mezclar a la cal, ni a las cenizas, porque lo descomponen, con desprendimiento de amoníaco.

El sulfato amónico se emplea, sobre todo con otras materias primas, para la fabricación de mezclas de abonos. Su empleo directo se hace sobre los mismos cultivos o plantas, en que también se pueden emplear nitratos. Su acción es análoga a la del nitrato, aunque más lenta, por lo que su aplicación se hace con mayor anticipación.

La cianamida de calcio.—Se prepara en fábricas especiales, haciendo pasar una corriente de gas nitrogenado, obtenido por liquefacción y después evaporando al aire, sobre el carburo de calcio calentado en hornos por medio de la electricidad. El carburo absorbe el nitrógeno, dando nacimiento a la cianamida. El producto industrial contiene de un 16 a 22 por ciento de nitrógeno, según la pureza de las materias primas, sirviendo como abono nitrogenado.

La cianamida produce mucho polvo cuando se extiende en el terreno, inconveniente que se trata de atenuar con el aceite, granulando el producto, en las fábricas. De este modo se puede mezclar cuando se emplea, con la tierra, arena o aserrín un poco húmedos. Se recomienda engrasarse las manos y no confiar su aplicación a personas que sufran de los bronquios.

Las tierras humíferas, arcillosas, o de composición media, son las que mejor se prestan para el empleo de la cianamida, siendo menos favorable en las tierras arenosas, pobres en humus. Se le utiliza en los mismos cultivos que los otros abonos nitrogenados: cereales, plantas de jardinería, etc.

Como por la acción de la humedad la cianamida da nacimiento al amoníaco, que se pierde en el aire, es necesario recubrirla de tierra, evitándose la formación de compuestos perjudiciales para las plantas. Regularmente, debe hacerse su aplicación, si es posible, antes de las siembras o plantaciones.

La **urea** se puede preparar con la cianamida. Como sabemos, la urea es la substancia principal de las orinas frescas y contiene, al estado puro, un 47 por ciento de nitrógeno. La urea se transforma rápidamente, por fermentación, en carbonato de amonio, de modo que su acción fertilizante es análoga a la de las sales amoniacales.

En ciertas fábricas se transforma la cianamida en amoníaco, que se combina con el ácido sulfúrico, para ser utilizada como abono.

Abonos nitrogenados orgánicos.—Las substancias orgánicas de origen animal como la sangre, cuernos, desechos de lana, pelos, cueros viejos, etc., son empleados, generalmente, en gran escala, para la fabricación de abonos químicos. A este efecto se les hace sufrir una preparación destinada a transformarlas en un polvo fino de más fácil descomposición.

El valor agrícola de estas substancias estará en relación con su riqueza en nitrógeno; riqueza que varía con la clase y pureza de la mercancía.

Estas materias, para ser utilizadas por las plantas, deben sufrir en el suelo una descomposición que las transforme en amoníaco y finalmente en nitrato; su efecto se produce a la larga y son menos activas que las sales nitrogenadas. Por ello, hay que aplicarlas al terreno muy temprano, enterrándolas en el mismo.

Su asimilabilidad, más o menos rápida, depende también de su naturaleza: la sangre, es de todas estas materias la de más fácil descomposición; después los cuernos molidos, la lana, los pelos, y últimamente los cueros, cuya descomposición es muy lenta.

Las tortas de granos oleaginosos.—Después de la extracción de la grasa y si se trata de granos averiados, o de granos cuyo aceite ha sido extraído por procedimientos químicos—lo cual hace que no puedan ser utilizados para la alimentación del ganado—las tortas resultantes de dichos granos son utilizadas como abono.

A las tortas del ricinus, que no son comestibles por sus propiedades tóxicas, se le atribuyen también propiedades insecticidas.

Las tortas contienen esencialmente nitrógeno en proporciones variables según la especie de torta. El sésamo, (ajonjolí), contiene un 7%, y el ricinus, un 4.5%.

Las tortas sirven para los mismos usos que las materias animales y deben ser empleadas del mismo modo.

178. Cómo actúan los abonos nitrogenados.—Los abonos nitrogenados actúan principalmente sobre la vegetación aérea, y favorecen el desarrollo de las partes verdes de las plantas, hojas, troncos y ramas. Aplicados en cantidades excesivas, provocan un desarrollo exagerado de las partes verdes, a expensa de la buena formación de los frutos, granos, raíces o tubérculos.

No se les debe emplear, por lo tanto, en grandes cantidades de una sola vez, sino por dosis moderadas, repetidas a menudo. Así se evitan las pérdidas que ocurrirían por el lavado de los nitratos y el inconveniente que ofrece su exceso, de prolongar la vegetación herbácea y de retardar la maduración.

También es necesario evitar su empleo, con demasiada abundancia, en las tierras compactas, húmedas, o en las regiones frías.

No se debe perder de vista que los abonos nitrogenados no restituyen al suelo más que un solo elemento, el nitrógeno, y que su empleo durante mucho tiempo, repetido, terminaría por agotar el suelo en substancias minerales. Es ventajoso, por lo tanto, asociarlos a los fosfatos y a las sales de potasa para obtener su efecto pleno.

Las diversas plantas cultivadas no se aprovechan igualmente de los abonos nitrogenados. Estos producen efectos bien marcados sobre los cereales, las gramíneas forrajeras, la papa, etc. Por el contrario, las leguminosas (guisantes, habichuela, etc.) que tienen la propiedad de utilizar el nitrógeno del aire por el in-

termedio de bacterias contenidas en sus nudosidades radiculares, aprovechan poco los abonos nitrogenados.

179 **Abonos fosfatados.**—Los abonos fosfatados deben sus propiedades fertilizantes al fósforo que contienen, bajo la forma de ácido fosfórico combinado con la **cal**, para dar el **fosfato de cal**; algunas veces al **hierro y alúmina**, para dar fosfatos de **hierro y de alúmina**.

La más importante de estas combinaciones, única de la que nos ocuparemos, es el fosfato de cal.

Según su origen, se distinguen estos fosfatos en:

- a) Fosfatos de origen animal, o sean los huesos y todos los productos que de los animales se derivan: polvo de huesos, negro de huesos, cenizas de los huesos, etc.; y el guano.
- b) Fosfatos de origen mineral, tales como las fosforitas, apatitos, coprolitos, fosfatos Thomas, etc.

Fosfatos de huesos.—Los huesos de los animales se componen de grasa, gelatina y materia mineral, formada sobre todo de fosfato de cal. La gelatina es una materia nitrogenada y posee también un valor fertilizante. Los huesos, y el polvo que de ellos se obtienen, constituyen, por lo tanto, un abono a la vez nitrogenado y fosfatado.

Para poder utilizar los huesos como abono, se les debe reducir a polvo, para que se disuelvan rápidamente. Su riqueza, cuando puros, es de 4 a 5 por ciento de nitrógeno y 18 a 20 por ciento de ácido fosfórico.

La opinión de algunos de que el polvo procedente de los huesos en bruto es mejor porque contienen grasa, es un prejuicio absurdo; ello llevaría hasta tratar de abonar los campos con sebo. La grasa no tiene ningún valor fertilizante, retardando la disolución del polvo; por eso es preferible desengrasar los huesos antes de pulverizarlos.

Los otros productos de los huesos, la ceniza de los huesos, el negro de huesos, proceden de las refinerías de azúcar.

Guanos.—El más conocido es el guano del Perú, que durante mucho tiempo ha sido considerado como el abono por excelencia. Este guano ha sido formado en enormes yacimientos—durante el curso de los siglos—sobre ciertas islas de la costa de Chile y

Perú, por la acumulación de excrementos y cadáveres de aves acuáticas que habitan esos parajes.

Esos yacimientos están actualmente en parte agotados, y los guanos que se explotan de otras islas del mismo continente, no presentan idéntica composición ni la misma riqueza; están esencialmente formados de fosfatos de cal y contienen una proporción menor de nitrógeno.

Se designa con el nombre de **guano de pescado** un polvo preparado con los restos o desechos de las pescaderías de arenques, ballenas, etc., en establecimientos especiales del norte de Francia, Noruega y otros países. Este guano es rico en nitrógeno y fosfato de cal, constituyendo un excelente abono.

Fosfatos minerales.—Se comprenden bajo este nombre rocas de aspectos, formas y colores, muy variados, que se encuentran en las diversas formaciones geológicas, en distintos lugares del globo.

El **apatito** es el fosfato de cal más puro; la **fosforita**, **nódulos** y **arenas fosfatadas**, son formadas también en gran parte de fosfato de cal; los **coprolitos** son los excrementos fosiles de animales antediluvianos, etc.

Los principales yacimientos se encuentran en España (apatito de Extremadura), en Francia (fosfatos del Somme, de Ardenes, de la Meuse, del Lot, etc.), en Bélgica, Canadá, Carolina del Sur. Se explotan también considerables yacimientos en la Florida, en Algeria y en Túnez.

Estos fosfatos raramente se encuentran en capas de un cierto espesor; lo más corriente es que estén en pedazos o trozos más o menos grandes mezclados con tierra, o arena, de las que se separan por un lavado. Después de secos se les muele y se expenden en el comercio bajo la forma de un polvo fino.

Extendidos sobre los campos, los fosfatos minerales no dan siempre resultados ventajosos; son demasiado compactos, demasiado insolubles, para que los agentes disolventes del suelo puedan atacarlos y ponerlos rápidamente a la disposición de las plantas, de modo que ellas obtengan un beneficio inmediato. En las tierras arables ordinarias, actúan muy lentamente, y en los suelos recientemente desmontados, que contienen mucho humus, dan resultados prontamente apreciables.

Fosfatos Thomas.—A los fosfatos minerales que hemos señalado, debemos agregar un fosfato que ha adquirido como abono una importancia considerable. Es el fosfato Thomas, llamado también escorias Thomas, de desfosforación, fosfato metalúrgico, etc. Se le obtiene como producto accesorio en la fabricación del acero, por medio de la fundición fosforosa, en el procedimiento de Thomas Gilchrist; contiene una cantidad variable de ácido fosfórico, 8 a 21% y de 30 a 50% de cal, de la cual una parte está al estado libre.

El fosfato Thomas reemplaza ventajosamente los otros abonos fosfatados en las tierras ácidas y turbosas, pobres en cal; en los otros suelos, los resultados que se obtienen son tanto en favor de las escorias como en favor de los fosfatos más solubles.

Una condición importante para el buen éxito de este fosfato, es que debe estar en polvo lo más fino posible, y que el ácido fosfórico que contenga sea fácilmente soluble. Wagner ha encontrado con el ácido cítrico en solución del 2%, un reactivo que permite la determinación de esta solubilidad, al mismo tiempo que reconoce la pureza de las escorias. Estas son a veces falsificadas con fosfatos menos solubles, que se dejan atacar con menos facilidad por el ácido cítrico; la proporción de su ácido fosfórico, soluble en el ácido cítrico, es por consiguiente, una indicación de su pureza.

Por estas razones, los compradores de fosfatos Thomas harán bien en exigir, conjuntamente con su dosificación en ácido fosfórico total, la cantidad de este que es soluble en el reactivo Wagner.

Superfosfatos.—Los fosfatos de origen animal o mineral de que hemos hablado, no sufren otra preparación que una molienda que los transforma en polvos. Son insolubles en el agua, y son atacados poco a poco, por los disolventes del suelo, para pasar a la planta en forma de líquido nutritivo.

Hacia 1840, Liebig, ilustre químico alemán, inventó el tratamiento de los fosfatos por el ácido sulfúrico, con el fin de disgregarlos y hacerlos más solubles. Practicado primeramente en Inglaterra, este método se ha extendido seguidamente por el mundo entero, dando nacimiento a una industria de los abonos químicos en numerosas fábricas.

Atacando un fosfato por el ácido sulfúrico, éste se apodera de una parte de la cal del fosfato, para formar sulfato de cal

(yeso); el ácido fosfórico combinado con una cantidad de cal menor, se hace soluble en el agua.

El producto así obtenido, el **superfosfato**, es, por consiguiente, una mezcla de sulfato de cal y de fosfato ácido soluble, con una pequeña cantidad de fosfato natural no atacado.

Se llama **superfosfato doble** el que ha sido enriquecido industrialmente, y cuyo contenido en ácido fosfórico es doble, aproximadamente, de aquel del superfosfato ordinario. Se obtiene, como residuo de esta fabricación, sulfato de cal que retiene aun un poco de fosfato; de ahí su nombre de **yeso fosfatado**. Este producto debe su valor al yeso muy fino que contiene, y a la pequeña porción de ácido fosfórico que retiene aun; su empleo es el mismo que el del yeso ordinario.

El ácido fosfórico de los superfosfatos de huesos, bien preparados, permanece indefinidamente soluble en el agua, mientras que el de los superfosfatos minerales, ricos en hierro y en alúmina, se hace poco a poco insoluble; sin embargo él permanece soluble en el citrato amónico alcalino, de donde deriva el nombre de **ácido fosfórico soluble en citrato**, o **retrogradado**, que se le ha dado.

Por consiguiente, los superfosfatos de huesos tienen un valor superior a los superfosfatos minerales ferruginosos, toda vez que ellos permanecen solubles y contienen además el nitrógeno. La porción no disuelta del superfosfato de huesos, se encuentra allí bajo la forma de pequeños pedazos de huesos porosos y friables, mucho más fácilmente atacables por los disolventes del suelo que los granos del fosfato mineral no atacado, compactos y no porosos. Por eso se pagan los primeros, con igual riqueza, a un precio un poco superior.

Termofosfatos.—Desde hace algunos años, se tratan de hacer los fosfatos naturales más asimilables, sometiéndolos a una temperatura de unos 800 grados C., mezclados con ciertos fundentes a base de cal, sodio y magnesia. Se obtiene así, después de la hidratación de la masa al salir del horno, un producto de una gran finura, que es el **termofosfato**. De esta clase son el fosfato Wolters, el fosfato Palmers, el tetrafosfato, utilizados en la agricultura.

Su acción es casi semejante a la de las escorias Thomas, y sólo su elevado precio no ha permitido la generalización de su empleo.

180. **Cómo actúan los abonos fosfatados.**—El ácido fosfórico representa en la vida del vegetal un papel importante; es indispensable en la formación del protoplasma, sustancia nitrogenada y fosforada, que constituye la parte viviente esencial del vegetal. Ningún desarrollo, por consiguiente, es posible sin él. Contribuye a la formación de los granos, que lo encierran en sus cenizas en una proporción importante; favorece la formación del azúcar en determinadas plantas (uva, remolacha, etc.), el almidón en la papa, etc. También ayuda al desarrollo de los órganos de reproducción, sobre todo de las hojas; contribuye a precipitar la maduración, propiedad importante, cuando se trata de suelos y climas fríos.

Como el ácido fosfórico se encuentra generalmente en la más pequeña proporción en las tierras, se comprenderá que su restitución es indispensable en la mayor parte de los suelos.

La dosis de fosfato o de superfosfato que se emplea, varía según la naturaleza del suelo, el cultivo y la dosificación del abono. Generalmente, 400 o 500 kilogramos por hectárea, de superfosfato de riqueza media, son considerados como suficientes en la mayor parte de los casos. Para los fosfatos naturales, se aumenta la dosis al doble, en vista de la lentitud de su acción.

De este modo, se crea en el suelo una reserva de ácido fosfórico para las cosechas futuras.

181. **Abonos potásicos.**—Hemos visto precedentemente que el nitrato de potasa, o salitre ordinario, es un abono nitrogenado que contiene también una fuerte proporción de potasa.

Las cenizas de las maderas contienen potasa bajo la forma de carbonato y constituyen un excelente abono, cuyo valor está determinado por el contenido en potasa y en ácido fosfórico. Las cenizas de la hulla y turba son muy pobres; las de las maderas duras resultan más ricas que aquellas de las maderas blandas.

He aquí el análisis de algunas de ellas.

	Potasio	Acido fosfórico
Cenizas de maderas duras	10.0	3.5
.. .. " coníferas	6.00	2.5
.. .. " lignito	0.7	0.6
.. .. " turba	0.5	1.2
.. .. " hulla	0.2	0.2

Las cenizas contienen, además, una fuerte proporción de cal, por lo que se les emplea en los suelos faltos de esta substancia.

Sales de Stassfurt.—Para la fabricación de abonos químicos se emplean las sales de Stassfurt o Alsacia, así denominadas por el nombre de los lugares donde se les explota. Stassfurt en Alsacia, y toda la región colindante, poseen minas muy importantes de sal gema o sal ordinaria; encima de la capa de sal se encuentran abundantes asientos de sales mezcladas, en las cuales predomina la potasa.

Hacia el año 1860, se pensó en utilizar estas sales purificadas para abonar los terrenos, y los resultados fueron tales que desde entonces su empleo y extracción se hace en gran escala; existiendo en toda la región numerosas fábricas para la purificación de las sales.

Las sales potásicas de Stassfurt llevan diferentes nombres según su composición y su grado de pureza. Las de mayor interés práctico son:

- a) El cloruro de potasio.
- b) El sulfato de potasio.
- c) Las sales de 20, 30, 40 por ciento de potasa pura.
- d) La kainita.

El cloruro de potasio, es de todas las sales potásicas la más concentrada y la que se transporta a mayores distancias al precio menos elevado; contiene generalmente del 50 al 54 por ciento de potasa pura.

El sulfato de potasio, o potasa concentrada, con 48 a 50 por ciento de potasa, suministra la potasa a un precio algo más elevado que el cloruro, pero es preferible a éste para ciertos cultivos como el tabaco, papa, etc. La experiencia ha demostrado, que el cloruro aumenta la incombustibilidad de la hoja del tabaco, y disminuye la proporción de fécula en la papa.

Ese inconveniente se salva aplicando el sulfato, en lugar del cloruro, con suficiente anticipación para que las lluvias puedan disolver y arrastrar las sales nocivas.

Las sales de 20, 30 y 40 por ciento de potasa pura, son productos más o menos refinados por las fábricas, que pueden suministrar la potasa a un precio inferior a otras sales. Su utilización

es la misma que la del cloruro, teniendo en cuenta su riqueza para las cantidades que se vayan a emplear.

La kainita, es el sulfato de potasa y de magnesia brutos, mezclada a otras sales de menor valor; contiene de 12 a 13 por ciento de potasa. Se le puede utilizar en la misma forma que el cloruro y el sulfato, aumentando la dosis proporcionalmente a su débil contenido o riqueza, y tomando la precaución de aplicarla temprano, con objeto de favorecer la disolución y el arrastre de las sales inútiles.

Empleo de las sales de potasa.—Rara vez se aplican solas, sino en mezclas con abonos fosfatados y nitrogenados. Ciertos suelos—como los graníticos, feldespáticos, etc.—a veces son bastante ricos en potasa, de manera que es inútil la restitución de este elemento por medio de abonos complementarios.

En la mayor parte de las explotaciones agrícolas, se devuelve al suelo una buena parte de potasa por medio del estiércol, de tal modo que también su restitución por el intermedio de otros abonos, es menos imperiosa. Determinados suelos, sin embargo, como los terrenos turbosos, calcáreos arenosos y ligeros, son bastante pobres en este elemento.

182. **Abonos mezclados o compuestos.**—Llamados también **abonos artificiales o químicos**. Están constituidos por la mezcla de dos o más de las materias primas que acabamos de estudiar, es decir, por fosfatos (generalmente el superfosfato), mezclados a materias nitrogenadas o potásicas; o a estas dos a la vez.

En el comercio se dá el nombre de **abono completo** a aquel que contiene el nitrógeno, ácido fosfórico y potasa; un **abono incompleto** contiene una, o dos, de estas substancias. Ya hemos significado, que solamente los abonos que se produce en la explotación agrícola ameritan el calificativo de abonos completos, porque ellos solos encierran todas las substancias necesarias a la vida de las plantas.

Los **abonos químicos** se preparan y se deben vender por el fabricante al agricultor con la garantía de su dosificación, expresada en por ciento de nitrógeno para los abonos nitrogenados; para los abonos fosfatados, en ácido fosfórico soluble en agua, o insoluble, (de los huesos o de los fosfatos minerales); para los abonos potásicos, en potasa. (del cloruro o del sulfato).

Ya hemos indicado que la composición del abono debe variar, no solamente con las necesidades de la planta, sino que también con las necesidades del suelo; de modo que el empleo de un abono especial para un cultivo dado, no se debe hacer, igualmente, en todas las tierras sobre las cuales este cultivo se realice.

El ideal de cada agricultor, debe ser determinar los abonos químicos que le son necesarios, teniendo en cuenta las necesidades de sus cultivos y de sus suelos.

No debemos, sin embargo, silenciar que la mayor dificultad surge en el empleo de los abonos, al confrontarse el problema de la diversidad de tierras, cultivos, etc., y el hecho innegable, de que son bien pocos los agricultores que poseen los conocimientos necesarios para determinar con seguridad estas delicadas e importantes cuestiones. Cada agricultor debería poder combinar él mismo sus abonos, comprando las materias primas necesarias, mezclándolas en las proporciones deseadas.

Sin embargo, repetimos, la cosa no es fácil, y los abonos químicos, más o menos completos, aunque necesariamente a un costo un poco más elevado que las materias primas, deberán ser preferidos por el cultivador, hasta no tener un conocimiento más completo en materia de abonos.

183. Principios económicos que deben regir en la aplicación de los abonos.—Toda explotación agrícola racional, debe tener por base el empleo de su estiércol y de otros abonos naturales producidos en la misma explotación; los abonos comerciales solamente deben aplicarse para **completar** aquellos, bien porque su cantidad sea insuficiente, o bien porque la naturaleza del suelo y de los cultivos demanden el empleo de abonos complementarios.

El grado de asimilabilidad tiene una gran importancia en los abonos. Un abono que se asimila rápidamente, se paga más caro, pero reembolsará su costo más rápidamente; él conviene al **cultivo intensivo**.

Los abonos menos solubles y menos caros, son los más indicados para el **cultivo extensivo**, donde el reembolso puede ser menos rápido.

La acción de los abonos, además, depende de la naturaleza y de la importancia de otros factores de la vegetación: no puede ser completa, si las condiciones naturales para el crecimiento

de las plantas (composición del suelo y clima), no son favorables.

Sobre la base de este principio, no está indicado el abonar intensivamente bajo un clima rudo. Tal fertilización, es ineficaz en las tierras húmedas y frías que no tengan un buen drenaje. El mejoramiento del suelo por el drenaje, las enmiendas, las labores profundas, el abonar con estiércol, etc., debe preceder a la aplicación de los abonos químicos; estos últimos, no desarrollan toda su acción, más que cuando las plantas encuentran en el suelo las condiciones de existencia más favorables.

184. **La ley del minimum.**—La selección de los abonos químicos tiene una gran importancia y se hace sobre la base de la llamada **ley del minimum**, que se enuncia así: “El elemento que se encuentra al minimum en el suelo fija el límite de los rendimientos, es decir, que la cantidad de cosecha recogida es determinada por el elemento absorbible y asimilable que se encuentra en menor proporción en el suelo”

Es decir, que cuando falta un sólo elemento, los demás permanecen inertes y la vegetación resulta imposible; si el elemento falta parcialmente, la acción de los otros se entorpece, y no se obtendría todo el efecto útil.

CAPITULO XI.

MEJORAS DEL SUELO

185. **Medios que se aplican para las mejoras.**—Para favorecer la vegetación, el suelo debe contener **elementos físicos** tales que permitan la libre circulación del aire y una cantidad de agua suficiente.

Para la realización de estas condiciones, el agricultor dispone de los medios siguientes: **enmiendas, riegos, desmontes, drenajes, y las labores del suelo.**

ENMIENDAS

186. **Definición.**—De una manera general, se llaman enmiendas, todas las operaciones que tienen por objeto corregir los defectos físicos del terreno, haciéndolo más propio para el cultivo.

Nosotros, al estudiar la clasificación de las tierras, expusimos sucintamente las enmiendas más apropiadas en cada caso, bien se tratara de una tierra arenosa, arcillosa, calcárea o húmífera.

Sin embargo, en atención a la importancia de ellas, fijaremos algunos puntos con respecto a las enmiendas calcáreas y húmíferas.

187. **Enmiendas calcáreas.**—En un sistema de cultivo intensivo, esta clase de enmienda es de una gran necesidad. La aplicación de abonos químicos a que obliga este sistema, disminuye la cantidad de cal en el suelo, haciéndolo más compacto y menos suelto. Con el encalado, se mejoran muchos terrenos, aumentando su productividad.

Las principales enmiendas calcáreas son: la cal viva, las diferentes clases de margas, cenizas, etc.

La cal.—Ejerce una acción química, física y fisiológica.

Químicamente considerada, la cal es un alimento para la planta: descompone la materia orgánica del suelo y transforma el nitrógeno orgánico en amoníaco, activando así la nitrificación. Se ha dicho, con evidente exageración que “**la cal enriquece al padre y arruina a los hijos**”

Es exacto que la cal utiliza las reservas de humus del suelo, y por eso es que ella da tan buenos resultados en las tierras negras y turbosas, muy ricas en nitrógeno, pero a menudo poco fértiles, porque el nitrógeno no se nitrifica jamás. En este caso, la cal comienza por neutralizar el ácido húmico, dañino a la vegetación, y después descompone el humus que se encuentra en exceso.

Cuando las reservas de humus en el terreno son menos abundantes, es necesario abonar regularmente, a fin de evitar que con incesantes encaladuras se llegue al empobrecimiento completo del suelo.

Fisiológicamente, el empleo de la cal hace desaparecer del terreno una gran cantidad de plantas perjudiciales, llamadas **plantas calicífugas**, y favorece la vegetación de las plantas útiles. La cal, y sobre todo la cal viva, destruye también los granos nocivos y muchos huevos y larvas de insectos dañinos.

Físicamente considerada su acción, la cal en las tierras arcillosas, las hace más sueltas y más permeables al aire y al agua.

Las margas.—Contienen calcáreo, arcilla y arena. Las margas pueden ser: la **marga calcárea** que contiene por lo menos 80% de calcáreo, la **marga arcillosa** con un 15 a 30% de arcilla, y la **marga arenosa** que contiene gran cantidad de arena.

Las margas actúan como la cal, pero con menos rapidez y fortaleza.

Las cenizas de la cal, o sean los residuos de cal que se acumulan en los hornos de cal, están formadas por polvo de cal, más o menos carbonatado, y de las cenizas de carbón. Por su estado pulverulento permite a menudo su utilización.

Yeso, o sulfato de calcio.—Durante mucho tiempo ha sido aplicado a los suelos creyéndose que servía para liberar el potasio, al mismo tiempo que suministraba azufre al terreno.

Actualmente su aplicación ha decaído, prefiriéndose los su-

perfosfatos que contienen notables proporciones de sulfato de calcio.

188. **Enmiendas humíferas.**—Las principales enmiendas de esta clase son: el estiércol, los desechos de lanas, barreduras de poblaciones, abonos verdes, etc.

Como ya hemos hablado de todos ellos al tratar de los abonos, omitimos repetir aquí cuanto se expuso respecto a su composición; solamente consignaremos, que las barreduras y detritos de poblaciones, utilizadas muy a menudo como enmiendas en horticultura, están formadas, como lo indica su nombre, por todos los detritos que se recogen en las ciudades por el servicio de limpieza de calles. Su composición, muy variable, de acuerdo con la procedencia, estación, etc., la damos aquí a título de indicación, tomada de un análisis de las barreduras de la ciudad de Ginebra:

Materias orgánicas		20	por	ciento.
Nitrógeno	..	0.3	„	„
Acido fosfórico	..	0.28	„	„
Potasa	..	0.26	„	„

Como puede observarse, se trata de un abono orgánico de un gran valor para el mejoramiento físico de las tierras. Se entierra en el suelo, o se pone en pilas para transformarlo en “**com-puesto**”

Después de la fermentación, se obtiene una masa porosa rica en humus, muy útil en los suelos pobres en materia orgánica.

Acción de las enmiendas humíferas.—El humus tiene la ventaja de corregir, en parte, los defectos de las tierras fuertes, de las tierras ligeras y de las tierras calcáreas.

El humus da soltura a las tierras arcillosas, haciéndolas más ligeras y permeables; hace los suelos arenosos y calcáreos más consistentes y más tenaces; favorece la penetración del aire y del calor; como él retiene mucha agua, aumenta las reservas de humedad; retiene los abonos (poder absorbente); se descompone, y suministra el nitrógeno de que se alimentan las plantas (nitrificación); hace más solubles las materias minerales formando con ellas humatos de calcio y potasio; y, por su color oscuro,

o negro, absorbe mejor el calor de los rayos solares, perdiéndolo con menor rapidez por radiación.

RIEGOS

189. **Papel del riego.**—El riego suministra al suelo el agua necesaria para la nutrición de las plantas cultivadas. Un tipo de suelo fresco contiene de 10 a 25 por ciento de humedad, a 30 centímetros de profundidad:

El agua tiene por efecto:

- a) Nutrir los vegetales por ella misma, y también por las sustancias que contiene. La formación de una libra de materia seca—conforme vimos en otra lección—representa la absorción de 200 a 500 libras de agua, si se trata de climas húmedos, y alrededor de 1,500 libras en los climas secos o regiones áridas.
- b) Disolver los abonos, haciéndolos fácilmente absorbibles.
- c) Regularizar la temperatura del suelo y de la planta.
- d) Provocar la circulación del aire en la tierra arable.
- e) Hacer posible el trabajo de las bacterias del suelo.
- f) Contribuir, si está bien dirigida, a la destrucción de los insectos y otros animales dañinos, mnsgos, etc.

El riego mal dirigido, por el contrario, agota las tierras, conservando una humedad exagerada, y provoca la desaparición de las plantas útiles, facilitando el desarrollo de plantas dañinas o sin ningún valor alimenticio.

190. **Cualidades de las aguas.**—Como sabemos, las tierras cultivadas pueden ser regadas por las aguas meteóricas y por las aguas terrestres. Las primeras son distribuídas a los cultivos por las lluvias.

Las aguas terrestres provienen de manantiales, ríos, lagos, etc.

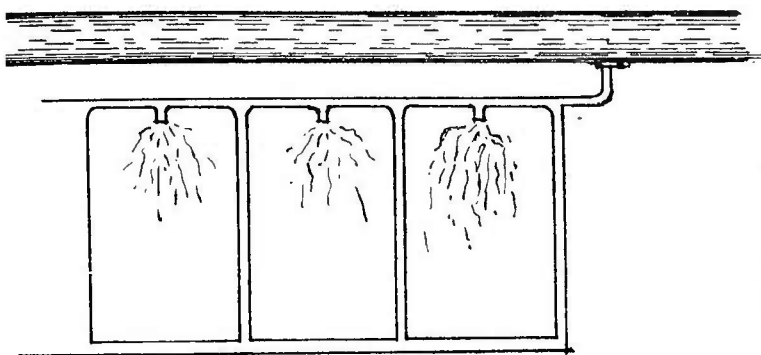
Estas aguas podrán conceptuarse como buenas, si atraviesan terrenos fértiles. Las aguas de drenajes, las de cursos de aguas abundantes en limos, son las más recomendables.

También pueden considerarse buenas, las aguas que han recibido los productos de lavados de industrias agrícolas.

Pueden considerarse malas, las aguas que arrastran desechos de lavados de industrias metalúrgicas o químicas, o cuando proceden de pantanos, montes bajos, etc.

191. **Formas del riego.**—El riego se puede realizar de cinco modos: 1.—Por inundación; 2.—Por infiltración; 3.—Por regueras horizontales; 4.—En arriates; y 5.—Por aspersion.

192. **Riego por inundación.**—Llamado también riego a manta, o riego por sumersión. Consiste en extender por toda la superfi-



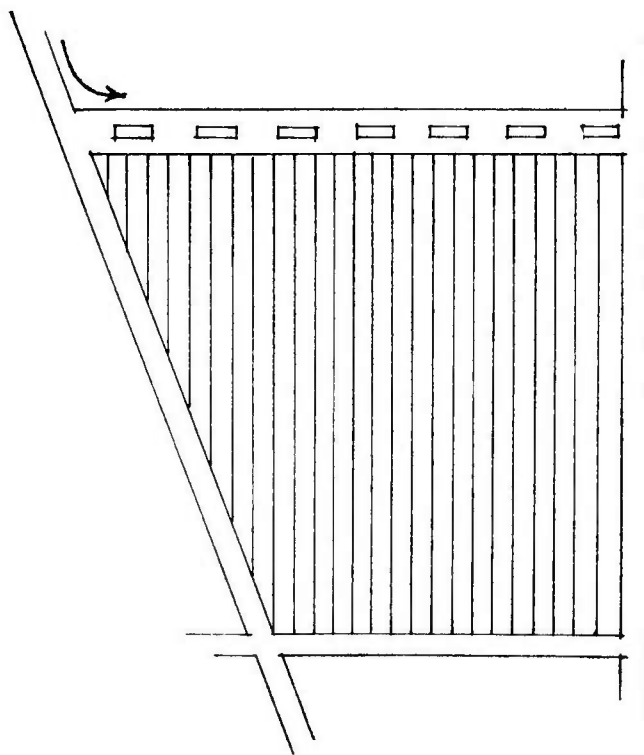
Riego por inundación.

cie del campo una capa de agua de cierta altura, para lo cual es preciso que el terreno sea horizontal. Hay que trazar previamente una serie de cuadros de superficie variable, cuyos bordes, forma-

dos por pequeños taludes son de 10 a 15 centímetros de altura. El agua se deja permanecer suficiente tiempo para que las materias en suspensión en ella se depositen en el terreno.

Esta forma de riego, practicada en Egipto desde tiempo inmemorial, recubre el campo de una capa muy fértil, formada de elementos finos.

193. **Riego por infiltración.** — Dividido el terreno, estableciendo marcos horizontales, separados unos de otros por camellones, se deja correr el agua por los surcos entre uno y otro camellón. El agua penetra en el suelo por infiltración a través de las paredes, extendiéndose por capilaridad a todas partes.



Riego por infiltración.

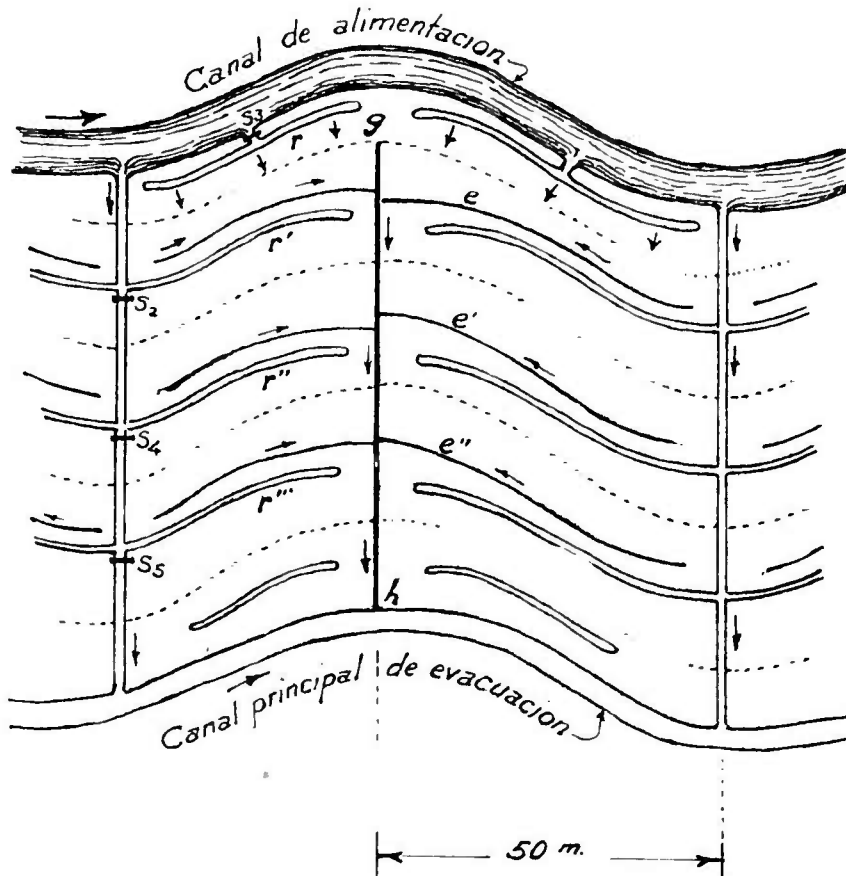
El sistema se aplica para la utilización de aguas de alcantarillas en el cultivo hortícola. También es conveniente en los suelos ligeros.

Esta forma de riego, suele utilizarse, asimismo, en los cultivos que se hacen por surcos, como los maizales y cañaverales.

Mientras que el riego por inundación gasta mucha agua, en el sistema por infiltración, la operación es más económica. De aquí que su empleo convenga, sobre todo, cuando se dispone de pequeñas cantidades de agua, puesto que se calcula que con unos 120 metros cúbicos de ella puede regarse una hectárea.

194. **Riego por regueras horizontales.**—Es un sistema práctico, natural y económico, siempre que el terreno presente pendientes de un 5 por ciento, a lo menos.

Se establecen una serie de regueras o cauces, sensiblemente

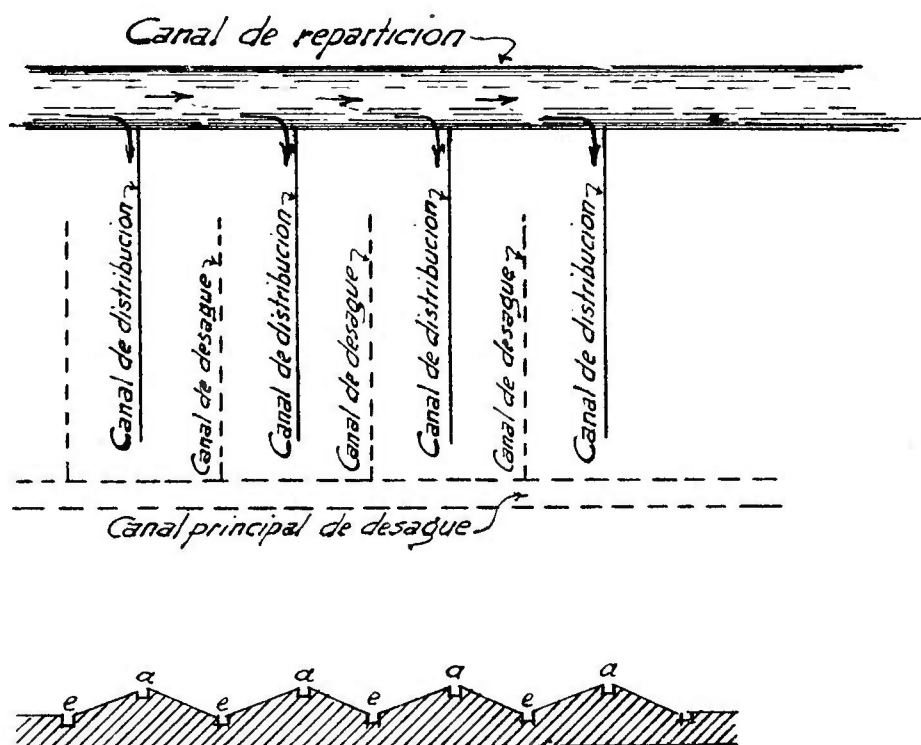


*r a r'''' Canales de riego, e a e'''' Canales colaterales
g, h. Canal de evacuación, S₂ a S₅ Compuertas.*

Riego por regueras horizontales.

nivelados en sentido normal a la inclinación, para lo cual se determinan previamente las curvas de nivel. La equidistancia a que se colocan las regueras, varía con la inclinación del terreno, haciéndose regularmente desde 4 hasta 25 metros.

El agua que se utiliza para el riego, es conducida por el canal de alimentación hasta la primera reguera, o sea la que está situada en la parte más alta. Una vez llena esta reguera, verterá el agua en lámina delgada, bañando la superficie de la primera zona, comprendida entre la primera y segunda reguera.



Riego en arriates.

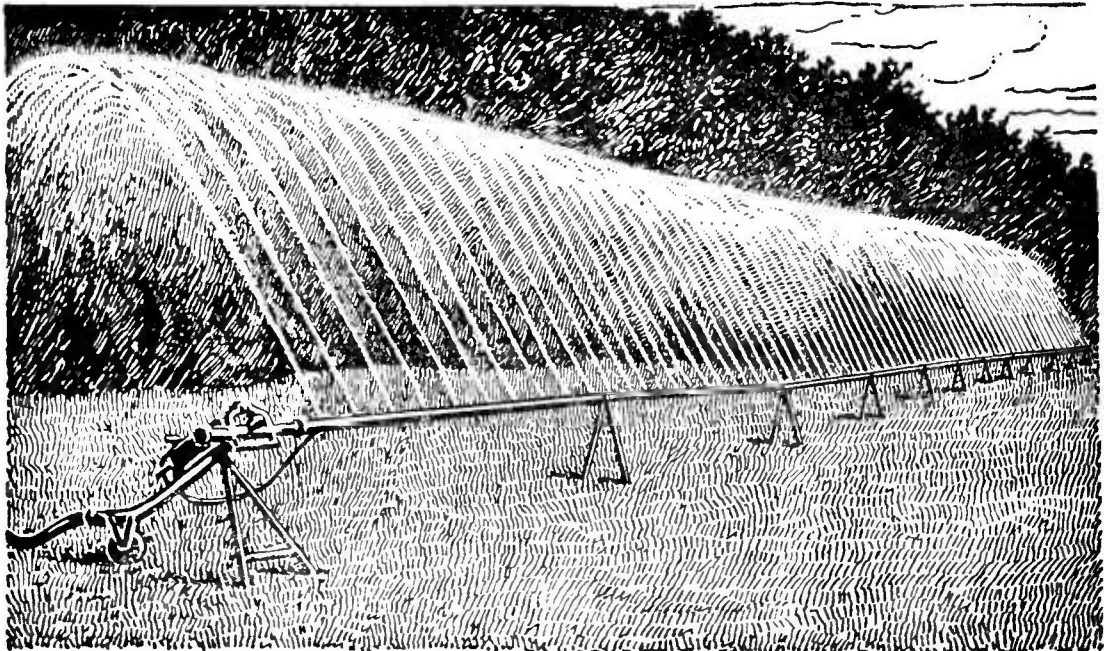
El agua en exceso, que no se ha filtrado a través de esa zona, va hacia la segunda reguera, la cual, una vez llena, también se desbordará para regar la segunda zona. Mientras siga afluyendo agua a la primera reguera, conducida por el canal de alimentación, seguirá ocurriendo lo mismo en la tercera, cuarta, quinta, etc., de las regueras construídas; hasta que el agua sobrante de la última reguera y zona adjunta, es conducida fuera del terreno, evitando que se encharque en parte alguna, por el canal de descarga construído en la parte más baja.

195. **Riego en arriates.**—Es un sistema muy perfecto para la distribución del agua, aunque no siempre el más aplicable por su alto costo. Requiere terrenos de débil pendiente.

El suelo es dividido en planchas o vertientes adosadas, establecidas en el sentido de la pendiente. El largo del cantero o plancha está en razón directa de la pendiente y de la impermeabilidad del terreno; variando ordinariamente desde 25 a 30 metros. El ancho, nunca es menor de 4 metros, pudiendo llegar hasta 36 metros.

El agua es conducida por un pequeño canal que sigue la cresta de cada plancha, derramándose sobre los dos planos inclinados hasta el canal de descarga.

196. **Riego por aspersión.**—Imita la lluvia, repartiéndose el agua con regaderas, mangas, etc. Es el mejor riego, gasta me-



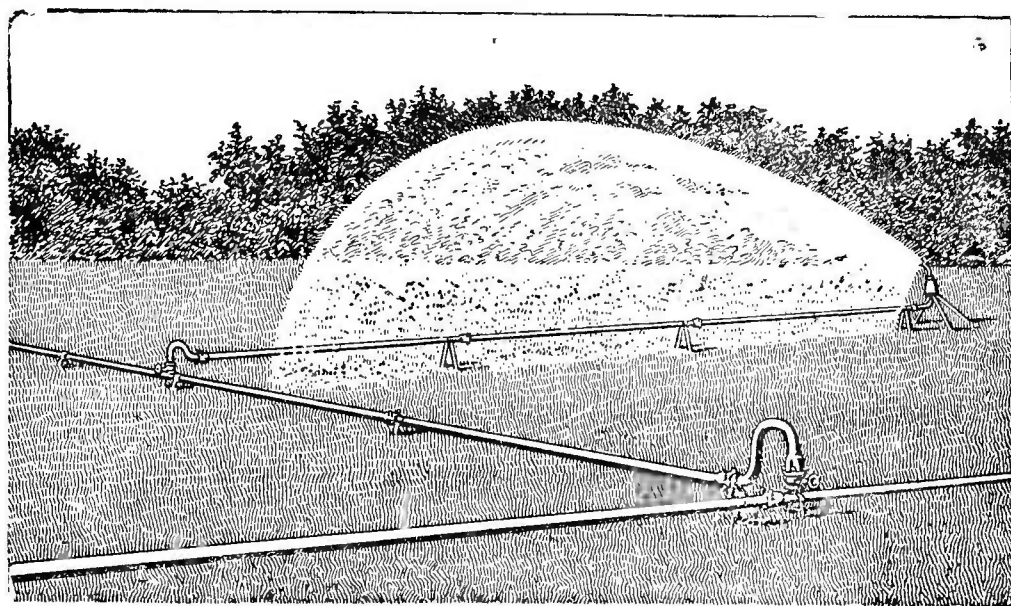
Lluvia general "PHOENIX" para Jardinería y Agricultura.
(Cortesía del Sr. A. R. Will).

nos agua, pero es el más caro. Se usa solamente en jardines, pequeñas huertas y árboles de recreo.

Entre los sistemas de riegos por aspersión, merece citarse el sistema alemán "Phoenix" de tubos aéreos, que reparte el agua muy finamente y con toda regularidad sobre el terreno. En este sistema los tubos tienen unas toberas (orificios o perforacio-

nes) de chorro, dispuestas hacia un mismo lado, y a igual distancia unas de otras. Los tubos—y con ellos los chorritos de agua—tienen un movimiento lento y automático de un lado a otro, por medio de un motor oscilante, accionado por el agua a presión, a estilo de una bomba.

El sistema tiene la ventaja de que los tubos pueden unirse y desunirse con toda rapidez por medio de unos acoplamientos a propósito; descansan de modo que pueden girar conveniente-



Aparatos de riego "PHOENIX" de chorro largo.
(Cortesía del Sr. A. R. Will).

mente sobre unos ligeros apoyos de tubos, adaptándose a las irregularidades del terreno. Gracias al poco peso que tienen las diversas piezas, pueden cambiarse y transportarse los tubos con gran rapidez y con poco trabajo.

En este sistema el agua es empujada por una bomba, generalmente una bomba centrífuga, de poco precio y fácil manejo.

Con tres tuberías, de 100 metros de largo cada una, se podría regar una caballería, con una pulgada de lluvia, en 45 horas de trabajo, y utilizando solamente 2 hombres para el cambio de los aparatos.

El sistema es de gran aplicación para huertas, jardines, etc.

Existen otros aparatos del mismo sistema "Phoenix", de chorro largo, para mayores extensiones de terreno y cultivos como la caña, naranjas y otras plantaciones de matas altas.

En los Estados Unidos de América, también se construyen equipos parecidos para esta forma de riego.

197. **Cantidad de agua necesaria para el riego.**—Todas las plantas no exigen la misma cantidad de agua para vegetar en perfectas condiciones. Las plantitas tiernas que producen muchos tallos y hojas, especialmente las hortalizas o verduras, son las que más humedad necesitan; durante el crecimiento y el primer desarrollo, es cuando, en general, se debe regar más, disminuyéndose la cantidad de agua en la florescencia y fructificación.

Se ha calculado que, en general, con una capa de agua de 5 a 10 centímetros, es decir de 500 a 1,000 metros cúbicos de agua por hectárea, se tiene un buen riego.

198. **Horas del riego.**—Las horas de la tarde, y los días nublados, son los más a propósito para el riego, particularmente de los cultivos delicados. Así se disminuye la evaporación, aprovechándose más la humedad; también se puede regar con ventajas en las primeras horas de la mañana.

SANEAMIENTOS Y DRENAJES

199. **Saneamientos.**—Tienen por objeto hacer desaparecer el exceso de humedad en el suelo, disminuyendo el nivel de su capa acuífera.

Un suelo es demasiado húmedo cuando su contenido en agua se eleva más allá del 35%, o cuando su capa acuífera es mantenida a menos de 80 centímetros en los terrenos cultivados, y a menos de 60 centímetros en los prados, durante el período de vegetación.

La excesiva humedad daña a la vez al suelo, a los cultivos y a la salubridad.

Efecto sobre el suelo.—La excesiva humedad enfría el suelo, retardando la vegetación; hace la mano de obra más costosa y el trabajo más tardío: quita a la tierra una parte de sus sustancias fertilizantes, y comunica a las soluciones nutritivas una acidez perjudicial: impide la aereación del suelo y suprime por lo mismo uno de los agentes más esenciales para la productividad.

Efecto sobre el cultivo.—Disminuye los rendimientos y da lugar a cosechas de inferior calidad, invadidas por enfermedades criptogámicas y a menudo impropias para la alimentación.

Efecto sobre la salubridad.—Favorece el desarrollo de fiebres palúdicas y de las enfermedades propias de las regiones pantanosas.

200. **Origen de la humedad.**—El exceso de humedad en los terrenos puede ser ocasionado por:

La impermeabilidad del subsuelo, a poca profundidad, que mantiene la capa acuífera a un nivel demasiado elevado; manantiales que brotan dando nacimiento a los pantanos; y aguas de infiltración que descienden de los terrenos colindantes.

201. **Remedios.**—El cultivo en planchas o en camellones, o el trazado de surcos de desagües suficientes para expulsar el exceso de humedad, debido a la capilaridad o a las precipitaciones atmosféricas.

Si el exceso de agua proviene de manantiales o de terrenos más elevados, el saneamiento requiere ordinariamente un sistema completo de evacuación, consistente en **zanjas a cielo abierto** o en **zanjas cubiertas** (drenaje propiamente dicho).

Las zanjias a cielo abierto, son recomendables en los terrenos de poco valor, de mucha extensión y casi planos.

Por el contrario, el drenaje presenta las siguientes ventajas:

Es **más eficaz**, porque los drenes actúan sobre un mayor espesor del suelo; es **más económico**, porque no ocasiona ninguna pérdida de terreno y rara vez necesita reparaciones; y, es **más cómodo**, para la circulación y para las operaciones del cultivo.

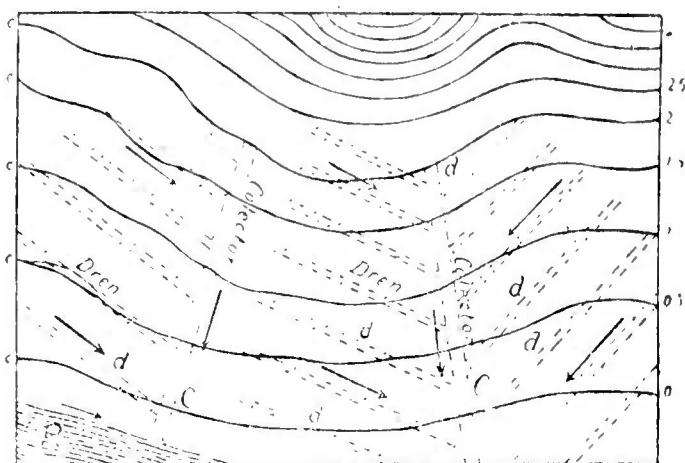
202. **Drenajes.**—Toda suerte de materiales se puede utilizar para el drenaje: guijarros, tejas acanaladas, ladrillos especiales, piedras planas y tubos de barro, que son los más recomendables.

Se emplean dos clases de tubos: los **tubos ordinarios o de desecamiento** (drenes propiamente dichos), y los **colectores o tubos de descarga**.

Los drenes tienen ordinariamente de 30 a 35 centímetros de largo y sobre 3 a 5 centímetros de diámetro interior. Las dimensiones de los **colectores** son más considerables.

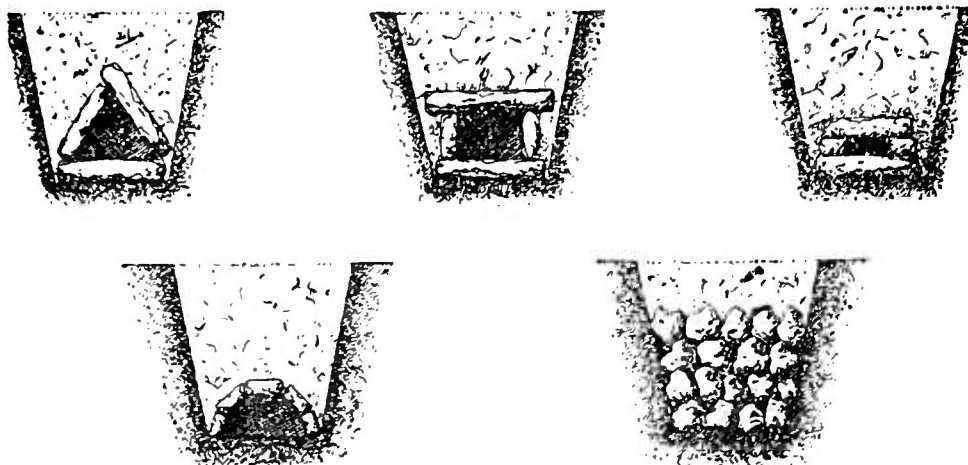
Dirección de las zanjás.—Para los drenes ordinarios, las zanjás deben ser paralelas entre ellas; debiendo establecerse tantas series como planos de diferentes inclinaciones se presenten. Las zanjás para los **colectores** se practican en las pendientes más fuertes; las zanjás para los drenes, en las pendientes secundarias. La pendiente mínima para todos los conductos debe ser de 3 milímetros por metro.

La profundidad.—La profundidad de un dren, varía ordinariamente de un metro a un metro veinte y cinco centímetros. No debe pasar de 1.30 m.



Un sistema de drenaje c, c, c, curvas de nivel; d, d, drenes pequeños; C, C, colectores.

La separación.—La separación o espaciamiento de las zanjás será mayor, a medida que el terreno sea más permeable, que la pendiente sea más fuerte y que las zanjás sean más profundas. Esta separación varía ordinariamente de 8 a 15 metros.



Diversos materiales y formas para drenajes.

El largo.—En general, no es necesario que la longitud o largo de los drenes pequeños sea mayor de 150 metros, porque se corre el riesgo de que no sean suficientes para la evacuación de

las aguas en las estaciones lluviosas. Ese largo varía, además, con las mismas condiciones que la separación de las zanjas.

203. **Ejecución del trabajo.**—Debe ser confiada a un especialista, para que determine las pendientes del terreno, la profundidad y separación de las zanjas, y trace el plano del drenaje.

Después de esos estudios previos, se jalona la dirección—siempre rectilínea—de las zanjas; los obreros abren el dren **colector**, y después los drenes ordinarios que en él descargan. Siempre se procede de la parte más baja, hacia la más elevada, a fin de dar a las aguas una salida fácil. Las zanjas para la colocación de los tubos pueden ser de 50 centímetros de ancho en la parte superior y unos 15 centímetros en el fondo. Sobre este fondo se traza un surco que reciba, exactamente, los tubos, que se colocan ajustándose unos con otros por sus extremos, lo más posible, a fin de evitar que la tierra penetre en ellos conjuntamente con el agua.

Colocados los tubos, se les recubre de una capa de piedras finas o de paja y se vuelven a llenar con tierra las zanjas, teniendo cuidado de conservar la mejor tierra para la superficie.

DESMONTES

204. **Cuándo son necesarios.**—Los desmontes se aplican a los bosques, matorrales o tierras sin cultivar.

Antes de iniciar estos trabajos, se debe comprobar si el terreno presenta condiciones favorables a la productividad, y si los productos que se esperan serán remuneradores.

El desmonte de un bosque comprende la tumba de los árboles y descepado o arranque de las raíces; el saneamiento si el suelo es húmedo; una serie de labores con adición de cal, de estiércol y de abonos químicos apropiados. ⁽¹⁾

El despedregado, tiene por objeto quitar las piedras gruesas que a veces existen en los suelos, obstaculizando las labores.

Cuando se trata de piedras pequeñas, suelen ser más útiles que perjudiciales, porque conservan fresco el terreno y disminuyen la compacidad de las tierras fuertes, haciéndolas más permeables.

(1) En el Capítulo XV, estudiaremos en detalle la preparación del terreno cubierto de monte, y las distintas operaciones que se realizan en Cuba para adaptarlo a las necesidades de las plantas que se han de cultivar.

CAPITULO XII

LABORES

205. **Finalidad de las labores.**—Las labores, o sean las distintas operaciones mecánicas que se realizan para la preparación del terreno, tienden al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, asegurando el éxito de las operaciones ulteriores.

Podemos pues, resumir los fines que se persiguen con las labores en los términos siguientes: mullir el suelo para facilitar una reserva de agua después de las lluvias y permitir el abundante desarrollo de los pelos radicales de las raíces; asegurar la circulación del aire, de la humedad, y la penetración del calor, agentes indispensables para la germinación, la acción microbiana, la disgregación de las rocas, etc.; extirpar las malas yerbas; enterrar las semillas y los abonos.

206. **Profundidad de las labores.**—La profundidad de las labores estará en relación, en cada caso, con la naturaleza del suelo y del subsuelo, y la clase del cultivo.

Consideradas desde el punto de vista de su profundidad, las labores pueden ser:

207. **Labores superficiales.**—Remueven la tierra en un espesor de 8 o 10 centímetros, y se realizan para incorporar los abonos al suelo y enterrar las semillas voluminosas; terminan la preparación del terreno y destruyen las malas yerbas.

208. **Labores ordinarias.**—Estas labores sirven para mullir la capa arable en su espesor, y llegan hasta 25 centímetros de profundidad.

Esta clase de labores se realizan anualmente, o periódicamente, después de obtenida la cosecha, a fin de preparar la siembra siguiente.

La labor será de **roturación**, cuando se realiza en un terreno inculto, para destinarlo al cultivo. Si el terreno está cubierto

de árboles o arbustos, hay que practicar previamente lo que se llama el **descuaje** o arranque de los mismos, incinerando los restos de vegetales.

209. **Labores profundas.**—Las labores profundas o desfonde, remueven el suelo a más de 25 centímetros, alcanzando a veces hasta el subsuelo.

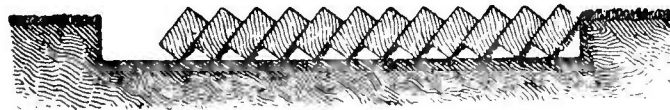
Las dificultades y los gastos que ocasiona esta labor, hace que se practique raras veces, es decir, cada cuatro o cinco años. Con ellas se consigue un suelo más mullido y aerado, el aumento de su poder absorbente, la acumulación de una gran reserva de agua, perfectamente repartida en la capa arable, el desarrollo de las raíces y la enmienda de las tierras defectuosas.

Esta clase de labor es indispensable cuando se trata de cultivar terrenos baldíos o montañosos y, además, cuando se trata de establecer cultivos que por su naturaleza exigen un suelo profundo.

Generalmente, las labores profundas resultarán perjudiciales si traen a la superficie una excesiva cantidad de tierra del subsuelo, menos aerado y menos provisto de abonos y de bacterias, que el suelo.

210. **Forma de las labores.**—Pueden ser **planas** o **llanas**, **alomas** y **asurcadas** o **en camellón**.

211. **Labor plana o llana.**—Es una labor que deja la superficie del terreno completamente desmenuzada y lisa, invirtiendo los prismas de tierra hacia un mismo lado; el campo presenta, cuando ha sido labrado así, una superficie uniforme, sin surcos.



Labor plana.

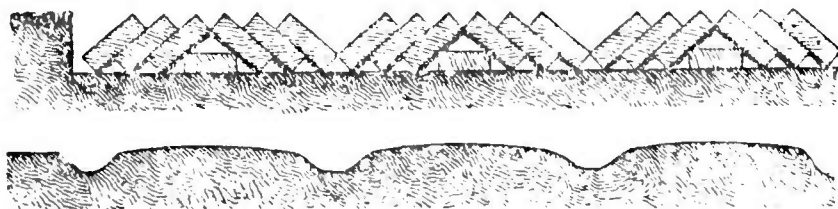
Esta labor, economiza tiempo al suprimir

las vueltas anchas; economiza terreno, al suprimir los surcos, y facilita la circulación de los instrumentos y máquinas agrícolas.

212. **Labor alomada.**—Se divide el terreno en fajas o planchas ligeramente convexas de 2 hasta 5 metros de ancho.

Esta disposición del terreno contribuye, necesariamente, al saneamiento, si se trata de suelos húmedos, y aumenta el espesor en los suelos poco profundos.

Cada plancha en sí, recibe una labor plana, pero se encuentra separada de las otras por surcos o zanjas.

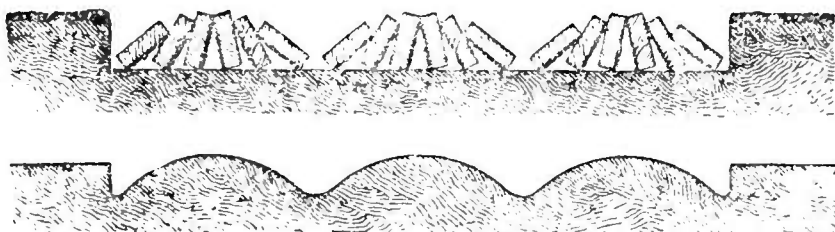


Labor alomada.

213. **Labor asurcada o en camellón.**—La labor en surcos, divide el terreno en fajas paralelas, estrechas y convexas, separadas por surcos bastante profundos, que hacen el papel de zanjas de saneamiento. Es una labor que se impone en los terrenos horizontales y demasiado húmedos.

Por otra parte, esta labor presenta serios inconvenientes, no solamente por la pérdida considerable de terreno y dificultades que crea para la circulación, sino que también porque ofrece a las plantas un suelo de espesor y frescura desiguales, obstaculizando la repartición uniforme de la luz, de la lluvia y de los abonos. Todo ello, por consiguiente, ocasiona una desigualdad grande en la vegetación y en la maduración de las plantas.

El drenaje, sería a la vez más eficaz, más cómodo y más económico, pero siempre no es posible.



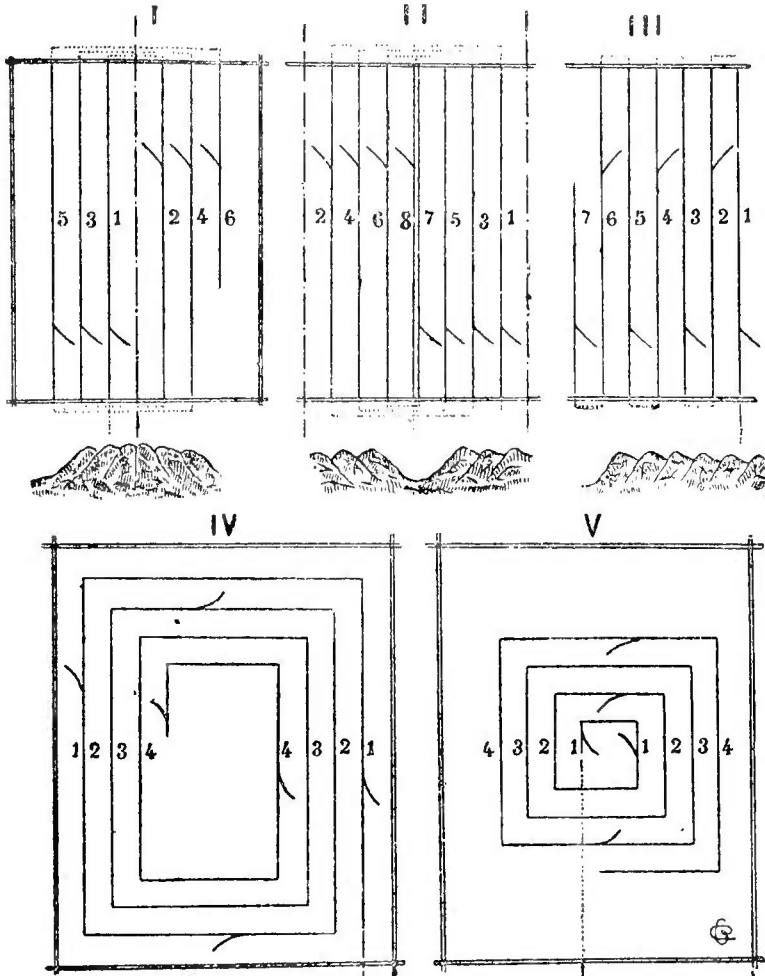
Labor asurcada o en camellón.

214. **Número y época de las labores.**—El número de las labores varía con el tiempo, las fuerzas de que el cultivador disponga, y con otros factores diversos.

Una sólo labor podría ser suficiente en tierras ligeras y limpias, ya preparadas para cosechas anteriores. Sin embargo, la repetición y en ciertos casos la multiplicación de las labores, es

requisito indispensable de ciertas plantas, de ciertos suelos arcillosos, compactos, y sobre todo para la limpieza de los terrenos infestados de plantas adventicias.

Respecto a la época para la realización de las labores, aunque



variable, se puede decir por término general, que es aquella en que la tierra está en **sa-zón** o en **tempero**; es decir, aquella en que el terreno, sin estar demasiado seco, ni demasiado húmedo, resulta esponjoso y se disgrega con facilidad, no formando terrones, ni tampoco se apelmaza, imposibilitando las labores.

No debe perderse de vista, que la realización de las labores en una época impropia,

Forma de labores (G. Coupán). (1)

(1) Cuando se van a realizar las labores con el arado pueden adoptarse distintos procedimientos, según se realicen del centro del terreno a la periferia, o de la periferia hacia el centro. Estas labores se hacen con arados de vertedera fija. Otras veces, como en la labor plana ordinaria (III), se exige el empleo de arados que alternativamente puedan volcar a la derecha o a la izquierda, comenzándose por uno de los lados del campo y sucesivamente se ara en uno y otro sentido, hasta llegar al otro lado del terreno.

Como norma general, las labores siempre deben hacerse en sentido longitudinal, a fin de disminuir el número de vueltas, evitando la pérdida de tiempo.

Las labores que se indican en el grabado son:

- I. Labor en surcos: (del centro hacia afuera).
- II. Labor en surcos: (desde fuera hacia el centro).
- III. Labor plana ordinaria.
- IV. Labor plana a la Fellenberg: (de la periferia al centro).
- V. Labor plana a la Fellenberg: (del centro a la periferia).

ocasiona daños al terreno, que pueden ejercer su influencia desfavorable durante muchos años.

215. **Nombre de las labores.**—Las labores anuales, u ordinarias, que se realizan con el arado, se denominan: **romper**, a la primera labor, que tiene por objeto abrir la tierra; **cruzar**, a la segunda, que sirve para mullir el terreno; y **terciar**, a la tercera, que sirve también para mullir el suelo y la destrucción de las malas yerbas.

216. **Dirección de la labor.**—Si el terreno es plano, se puede arar en cualquier sentido, aunque siempre buscando que los rayos solares bañen lo más posible a las plantas; si por el contrario, el terreno ofrece algún declive, hay que buscar una dirección que alivie a los animales de tiro, que disminuya los esfuerzos del hombre que los guíe y que no entorpezca o anule los efectos de la labor que se realice. Además, la dirección de la labor tiene efecto sobre la conservación de la capa vegetal, porque las aguas al descender por las pendientes o colinas, arrastrarían todos los elementos útiles a la vegetación, si no se anulaban sus efectos por medio de una adecuada dirección de la labor.

Si la inclinación no es grande, no habría inconveniente de arar en el sentido del declive porque así se facilitaría el desagüe.

Por el contrario, cuando se trata de un terreno de fuerte pendiente y se ara en un sentido perpendicular a la inclinación, se usan arados que tanto al trazar el primer surco, como al volver en dirección contraria abriendo el segundo, siempre inviertan el prisma de tierra del mismo lado. De este modo se consigue que la tierra no caiga dentro del surco.

El sistema, da lugar a una serie de diques, que impiden las corrientes de las aguas, anegando el terreno, si no es poroso, y provocando los derrumbamientos consiguientes.

En el caso de una fuerte pendiente, para evitar los males señalados, se escoge una dirección intermedia, labrando oblicuamente, de modo que los surcos formen ángulos de 45° con la línea que marca el declive natural del terreno; siempre teniendo cuidado de que la tierra sea volteada en el sentido del declive para que no caiga dentro del surco.

217. **Relación entre la anchura y la profundidad de la labor.**—La construcción de todo arado perfeccionado responde, por lo

que toca a la vertedera, de modo que el prisma de tierra invertido tenga una anchura mayor que su grueso. De este modo se satisface la tendencia que debe predominar en las labores, o sea la meteorización de la mayor cantidad de tierra. (1)

(1) La relación más conveniente entre el ancho y la profundidad de la labor es: $\frac{1}{1.4142}$

Si llamamos p a la profundidad del surco, el ancho, a , sería:

$$\frac{a}{p} = 1.4142 : a = 1.4142 p.$$

La relación no es absoluta en la práctica, pues mientras en las labores de desfonde el ancho es en ocasiones menor que la profundidad, en las labores muy superficiales ocurre lo contrario.

CAPITULO XIII

INSTRUMENTOS DE LABOR

218. **Forma de su manejo.**—Los instrumentos que sirven para las labores del suelo, pueden ser manejados a brazo, por animales, o por medio de motores inanimados.

219. **Instrumentos movidos a brazo.**—Pueden ser la pala, la azada y el pico.

220. **La pala.**—Se utiliza la pala para remover la tierra e invertirla de un modo más perfecto que el mismo arado, particularmente si se trata de arados antiguos. Es un instrumento propio del agricultor de pequeños predios y del cultivo hortícola.

Por la forma que realiza su labor, profunda y hasta de desfonde, el uso de la pala ofrece grandes beneficios y justifica aquel adagio antiguo que dice: “**la pala tiene la punta de oro**”

El uso de la pala, requiere un esfuerzo del obrero para hacer penetrar la lámina de hierro en el suelo; otro para aislar el prisma de tierra; otro para elevar este prisma hasta una cierta altura; otro para la inversión del prisma; y algunas veces otro para romper el prisma en el terreno por medio de golpes de punta de pala.

Claro está que el trabajo mayor viene hecho, en gran parte, por el mismo peso del obrero que lo aplica sobre la pala, o sobre el pedal o estribo, en el cual pone él su pie para hacer presión.

Según la clase de suelo, así son los diversos tipos de palas. Cuando se trata de suelos poco compactos y arenosos, la lámina debe ser ancha; para los suelos arcillosos la lámina será reducida; para los suelos pedregosos las láminas serán triangulares u ovaladas; en los suelos sin piedra, la lámina debe ser de filo recto.

221. **Azada.**—Principalmente sirve para remover superficialmente la tierra; la labor es por consiguiente una labor superficial y rara vez una labor ordinaria.

El trabajo se realiza haciéndola penetrar en el suelo por percusión; se la deja caer de una altura variable, de modo que al llegar al suelo va cargada de una fuerza viva que estará en relación con la altura de la caída y la fuerza muscular del que la maneja.

La azada se usa también como instrumento para las deshieras y aporques. Su trabajo, como todas las labores a mano, tiene el inconveniente de ser muy lento; por eso, cuando la extensión del terreno alcanza alguna importancia, se aplican instrumentos que pueden hacerlas en condiciones económicas más ventajosas.

222. **Pico.**—A veces, cuando la tierra es muy dura, en trabajos de desfonde, etc., se utiliza el **pico**. Se remueve el suelo, que es transportado en una operación sucesiva, por medio de la pala.

El **pico** también trabaja por percusión o choque. Su forma varía con la índole de los trabajos a que se aplica.

INSTRUMENTOS MOVIDOS POR ANIMALES, O POR MOTORES INANIMADOS

223. **El arado.**—Es un instrumento que corta el terreno en sentido horizontal y vertical, invirtiendo o volteando la banda o prisma de tierra así cortado.

El trabajo del arado es uniforme y continuo; cada banda tiene un espesor y una anchura determinada. Para ello tiene una **cuchilla** que corta el suelo en el sentido vertical; una **reja** que lo hace en sentido horizontal; y la **vertedera** que tiene por objeto la inversión del prisma de tierra.

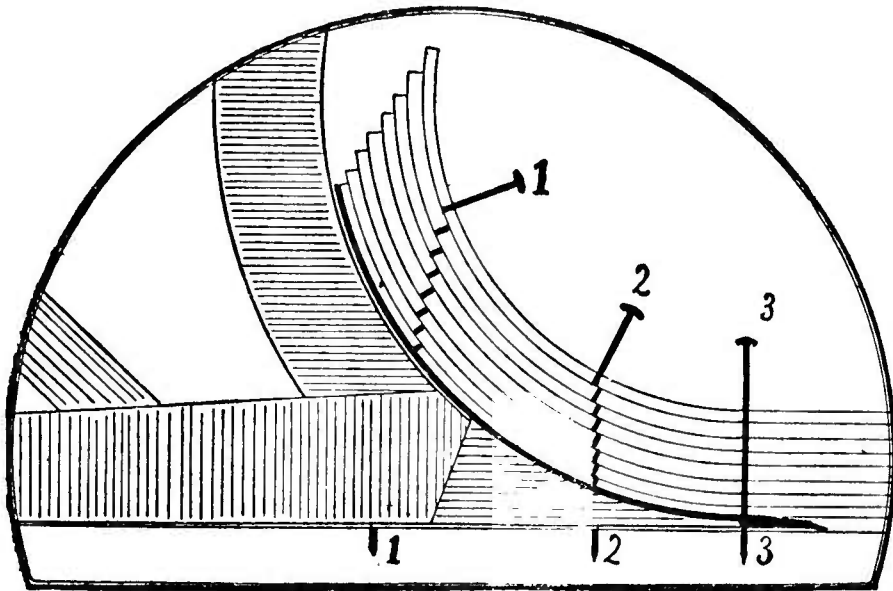
El arado moderno posee tres clases de órganos: **órganos activos**, **piezas de ensambladura**, y **órganos de regulación y de tracción**.

Los **órganos activos** son: la **reja**, la **vertedera**, la **cuchilla**.

224. **La reja.**—Es una pieza triangular, de hierro forjado o acero, que penetra en el suelo, cortando horizontalmente la tierra. Para forzar la entrada, la punta de la reja se inclina ligeramente hacia abajo. La reja funciona como una cuña, y como

su espesor aumenta gradualmente, está conformada para que se una insensiblemente con la superficie de la vertedera.

La reja es una de las piezas que por su mayor desgaste exige a menudo ser cambiada; por esto debe ser construída de un buen material (fundición o acero).



Cómo explica el Profesor King la labor del arado. (1)

La reja de acero, presenta el inconveniente de que se gasta muy pronto y principalmente por el filo.

Si la construcción se hace con hierro de fundición, aunque tenga mayor duración y sea más económica, presenta el inconveniente de su fragilidad, y que se rompe a consecuencia del choque con piedras y otros obstáculos del terreno. Por esto, y a pesar de su desgaste y su costo más elevado, se prefieren las de acero.

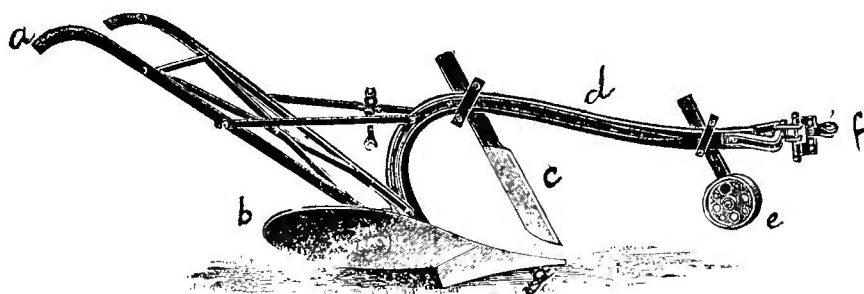
225. **La vertedera.**—Sirve para invertir el prisma de tierra, lo que regularmente ocurre hacia el lado izquierdo. Pieza importantísima en el arado, ha sido objeto la vertedera de muchos

(1) Si se atraviesan las hojas de un libro cerrado por medio de un alfiler (número 3), y bruscamente se dobla el libro, cada hoja se deslizará sobre las otras según los números 1 y 2.

Con el arado, ocurrirá exactamente lo mismo: tenderá a dividir el terreno en delgadas capas, que resbalan unas sobre otras, como las hojas del libro, facilitando su pulverización.

estudios, que la han llevado a un grado de perfección con que se la encuentra en los arados modernos.

El trabajo que debe realizar la vertedera para la inversión del prisma de tierra, tiene que conseguirse gradualmente, hasta que su cara superior se invierta, disponiéndose inclinado, bajo un ángulo de 45° con la horizontal. Para ello se construye la superficie de la vertedera en forma de una superficie elipsoidal.



Arado moderno.

a, manceras; b, vertedera; c, cuchilla; d, timón; e, patín;
f, regulador; g, reja.

226. **La cuchilla.**—Corta la tierra verticalmente, trabajando como una cuña; a este efecto el filo de la misma debe ser perpendicular a la línea de tiro.

Si el filo de la cuchilla fuera inclinado hacia atrás, la cuchilla tendería a salirse del suelo, mientras que la disposición con la punta hacia adelante permite que pueda vencer cualquier obstáculo, como piedras, raíces, etc.

La supresión de la cuchilla que practican algunos, provoca una menor estabilidad del instrumento aratorio, que el corte vertical del suelo resulte imperfecto, y que el surco quede bastante sucio por la tierra caída.

La **cuchilla circular**, es un disco con borde afilado, que ha sustituido a la cuchilla recta. El disco gira verticalmente alrededor de un eje que pasa por su centro.

Aunque teóricamente esta clase de cuchilla es menos estable que la otra, como necesita un esfuerzo de tracción menor, se ha extendido su uso en gran escala.

227. **Piezas de ensambladura.**—Son el **dental**, el **timón**, y las **manceras**.

228. **El dental.**—Es la pieza horizontal que sirve de asiento a la reja. El **talón** es la parte posterior del **dental**.

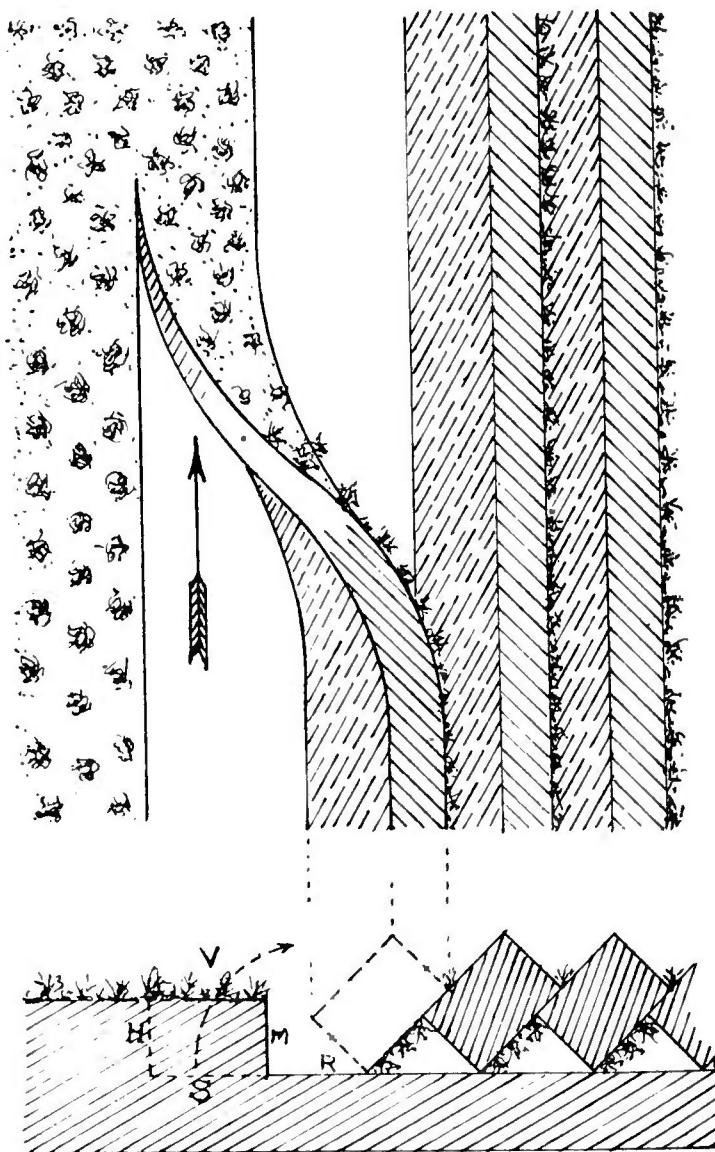
El dental, sobre el que descansa el arado, resbala sobre el suelo y mantiene al arado en equilibrio gracias al talón.

Las piezas que unen el cuerpo del arado, (reja y vertedera), con el timón, llevan el nombre de **montantes**.

229. **El timón.**— Es la pieza central del instrumento, estando provista en la extremidad anterior de órganos de tracción y de regulación; la posterior soporta las **manceras**, que son también piezas de dirección.

Antiguamente el arado tenía el timón muy largo; en los modernos, el timón es reducido, recto, o encorvado a **cuello de cisne**.

230. **Organos reguladores.** — Las **manceras**, simples o dobles, fijadas al timón, sirven también para dar dirección al arado.



El trabajo del arado. (1)

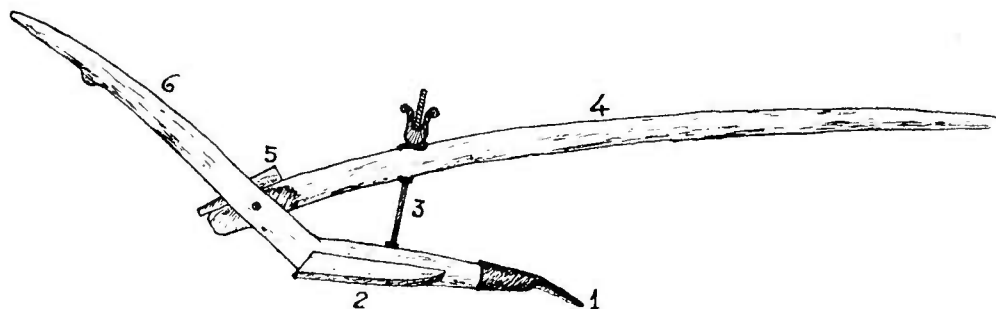
(1) La parte superior del dibujo indica cómo la banda de tierra es invertida por la acción de la vertedera. En la parte inferior se muestra por medio de un corte vertical, hecho normalmente a la dirección del surco, cómo el prisma de tierra es separado por el corte vertical de la cuchilla, (H), y de la reja, (S), para después ser invertido por la vertedera; (R), fondo del surco.

Regulador y avantren.—El primero sirve para modificar entre ciertos límites la anchura y profundidad del surco. Un **regulador**, cualquiera que sea su tipo, debe estar construído de modo que permita aumentar o disminuir la profundidad de la labor; que sea posible también modificar la anchura del surco; y que el mecanismo sea sencillo y resistente. El **regulador** puede ser un pasador o anilla de hierro que se coloca a alturas diversas en el extremo del timón.

Complementando los órganos fundamentales que hemos señalado, muchos arados tienen órganos y piezas especiales para su transporte fácil, que pueden ser simples rueditas, o el avantren, aplicados a la extremidad del timón.

Todos estos órganos, tienen sin embargo función de reguladores que permiten, según se suba o baje el puente sobre el que descansa el timón, o también aproximando o alejando el avantren del cuerpo del arado, modificar la profundidad de la labor.

231. **El arado criollo.**—El arado que sucintamente hemos descrito en sus piezas fundamentales, es un tipo de arado moderno como ya hemos indicado anteriormente.



ARADO CRIOLLO

(1) Reja. (2) Orejeras. (3) Tejera (4) Timón. (5) Cuña (6) Mancera.

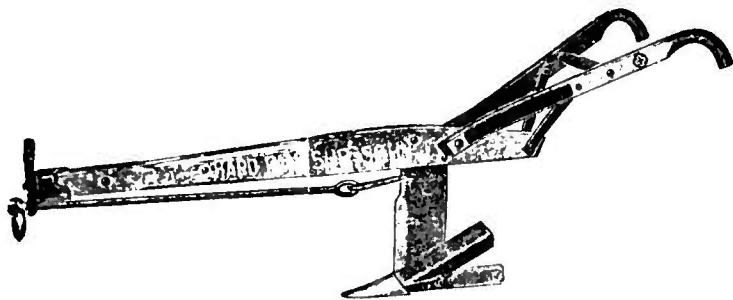
Sin embargo, como el arado utilizado aun en gran parte de nuestros campos constituye el llamado “arado criollo”, haremos un breve estudio de sus piezas fundamentales.

El arado criollo es una modificación sencilla del **arado romano**. Las malas condiciones mecánicas que posee, hacen que realice una labor defectuosa.

Consta de: la **reja**, encargada de cortar horizontalmente la tierra; las **orejeras**, para deshacer e invertir el prisma de tie-

rra; la **telera**, tornillo de hierro que une el dental con la **cama** y que permite modificar el ángulo formado por las dos ramas del arado y también para romper y cortar verticalmente el terreno; el **timón**, pieza de madera, en forma de lanza, para el enganche de la yunta por medio del yugo; la **mancera**, que sirve para la dirección del arado.

232. **Arados de subsuelo.**—Principalmente sirven para mejorar las condiciones físicas del terreno, puesto que mediante su labor, se permite el paso del aire y del agua hasta las capas más profundas.



Arado de subsuelo.

Se caracterizan estos arados por la supresión de las piezas que invier-

ten la tierra, haciendo un corte horizontal del subsuelo con reja de forma especial. Requieren estos instrumentos, para su tracción, una gran fuerza.

233. **Arados de disco.**—Innovación verdaderamente radical de los arados comunes, el arado de disco ha despertado grandes críticas y muchos prosélitos. Comprobado que en el arado común se pierde una gran cantidad de fuerza por el rozamiento del prisma de tierra sobre la vertedera, se ha tratado de aminorar dicho rozamiento, sustituyendo al efecto la reja, la cuchilla y la vertedera, por un casquete esférico con bordes afilados. Este casquete está animado de un movimiento rotatorio alrededor de su centro.

La práctica ha demostrado que el arado de disco necesita un esfuerzo de tracción más reducido que los arados comunes, y que vence más fácilmente los obstáculos como raíces, troncos, etc.

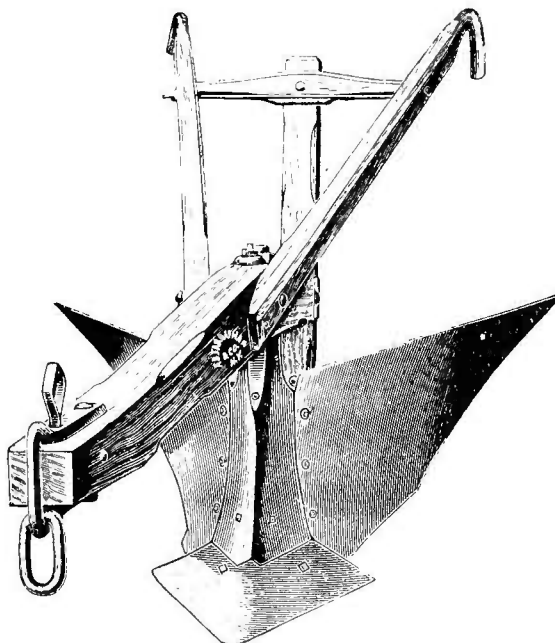
234. **Cualidades de un buen arado.**—En resumen, las condiciones de un buen arado son:

Primero: Que sea simple, es decir, fácil de regular.

Segundo: Ligero, estable y sólido, exigiendo del conductor y del tiro—cualquiera que sea la fuerza utilizada—el mínimo de esfuerzo.

Tercero: De condición tal que separe perfectamente el prisma de tierra, y lo invierta, inclinándolo a 45°

235. **Clasificación de los arados.**—Los diversos tipos de arados que se construyen, se agrupan teniendo presente, en primer término, si se trata de arados de vertedera, o de arados de disco. Entre los primeros se incluyen todos aquellos arados que tienen como principales piezas de acción la reja, la vertedera y la cuchilla; aunque en ocasiones se suprime la cuchilla y aun la vertedera, como ocurre con el arado de subsuelo, que no es más que una simple reja para remover la tierra en el fondo del surco.



Arado de doble vertedera.

En el segundo grupo—arados de disco—se clasifican los arados que presentan como conjunto de sus piezas de acción, uno o varios discos, que afectan la forma de casquetes esféricos.

Por tanto, la clasificación es como sigue:

Grupo A: Arados de vertedera.—Pueden ser a su vez: a) arados de vertedera fija; b) arados de vertedera giratoria; c) arados con doble vertedera (como los aporcadores y surcadores); y d) arados de subsuelo.

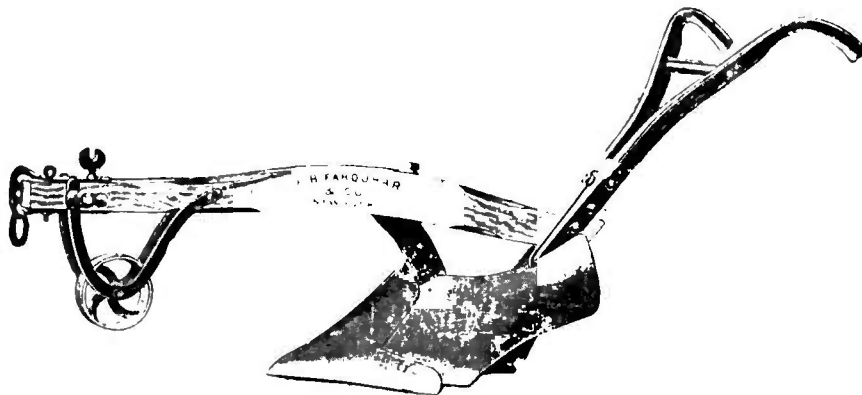
Grupo B: Arados de disco.—Incluyen: a) arados de disco fijo (uno o varios; b) arados de disco giratorio; y c) arados de doble disco (aporcadores o surcadores de disco).

Una forma esquemática de esta agrupación sería:

Arados	}	de vertedera	{	de vertedera fija.
			{	de vertedera giratoria.
			{	con doble vertedera (aporcadores, surcadores).
			{	arados de subsuelo.
		de disco	{	de disco fijo (uno o varios).
			{	de disco giratorio.
			{	de doble disco (aporcadores, surcadores).

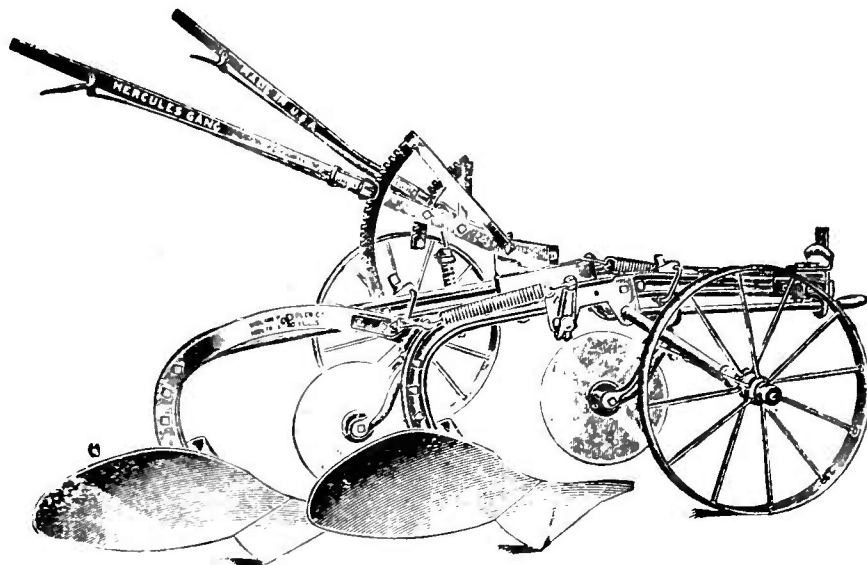
El arado de vertedera fija es perfectamente conocido y se utiliza en las labores de preparación de los principales cultivos.

El arado de vertedera giratoria se diferencia de los arados de vertedera sencilla o fija, en que por una especial disposición de



Arado de reja reversible (arado para laderas).

la reja, y la vertedera, se puede hacer la labor plana, invirtiendo el prisma de tierra a la derecha o a la izquierda del timón. Son arados buenos para localidades montañosas, donde hay que arar en sentido perpendicular a la pendiente y donde es conveniente



Arado de doble reja.

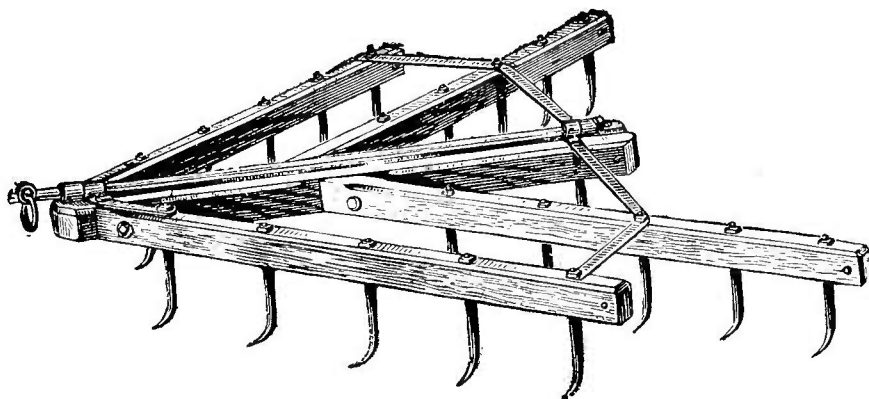
siempre voltear el prisma de tierra hacia abajo. A este efecto, terminado el surco en una dirección, se da vuelta a las vertederas haciendo trabajar la que quedaba fuera de la tierra. En el arado de vertedera sencilla no se puede hacer variar la posi-

ción de esta pieza con respecto al timón, volteando siempre el prisma de tierra a un lado del mismo.

236. **Instrumentos que complementan las labores.**—Después de la labor del arado, el suelo, por lo general, no está en condiciones perfectas para la siembra. Casi siempre, es preciso el uso de otras máquinas que dejan el terreno nivelado, mullido, surcado y dividido, para que el vegetal encuentre un ambiente homogéneo y el máximo de humedad.

Sin que pretendamos hacer un estudio completo de todas ellas, las principales máquinas o instrumentos utilizados para esas labores complementarias, son las siguientes:

237. **Rastras.**—Después del arado, la rastra o grada puede considerarse como uno de los instrumentos más antiguos y de mayor uso en los trabajos del suelo.



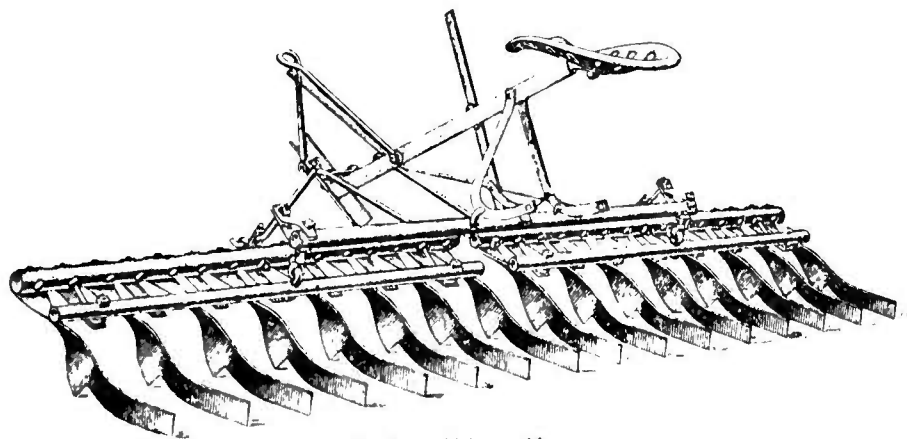
Grada mariposa.

Ejecutada la labor con el arado, quedan los surcos abiertos y el terreno presenta una irregularidad absoluta. De esta manera la humedad se pierde rápidamente, con grave perjuicio para las plantas; por otro lado, resulta muy difícil también el uso de las sembradoras. La rastra o grada, obvia estos inconvenientes; ayuda asimismo a la extirpación de las raíces, de las hierbas perjudiciales y destruye las larvas de los insectos.

Las rastras consisten en un esqueleto o armazón, sobre el que van las piezas de acción que bien pueden ser dientes o discos, y, en algunos tipos de rastras, piezas de forma especial, como en la rastra "Acme", que son láminas de acero encorvadas, que no sólo remueven la tierra, sino que invierten también, hasta cierto punto, la capa superficial de la misma.

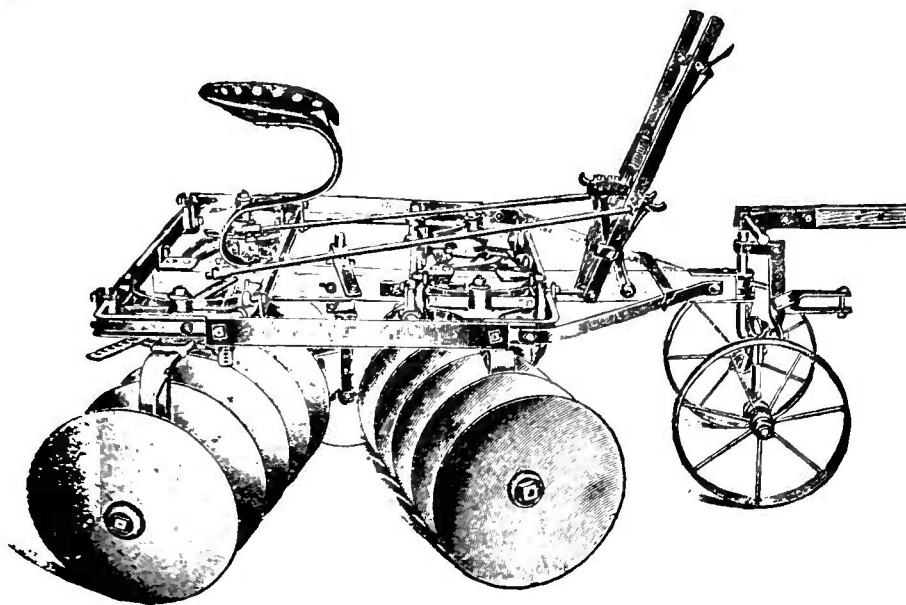
La rastra de disco se considera más ventajosa cuando se trata de labores en terrenos arcillosos, difíciles de trabajar.

El trabajo de los dientes, en las rastras de esta clase, consiste en mullir y dividir los terrones.



Rastra "Acme"

En las rastras de discos, las piezas están constituidas por dos series de discos (casquetes esféricos), con el borde cortante. Estos discos, al encontrarse en contacto con el suelo, pueden girar alrededor o juntos a los dos ejes sobre los cuales se hallan montados.



Grada de discos.

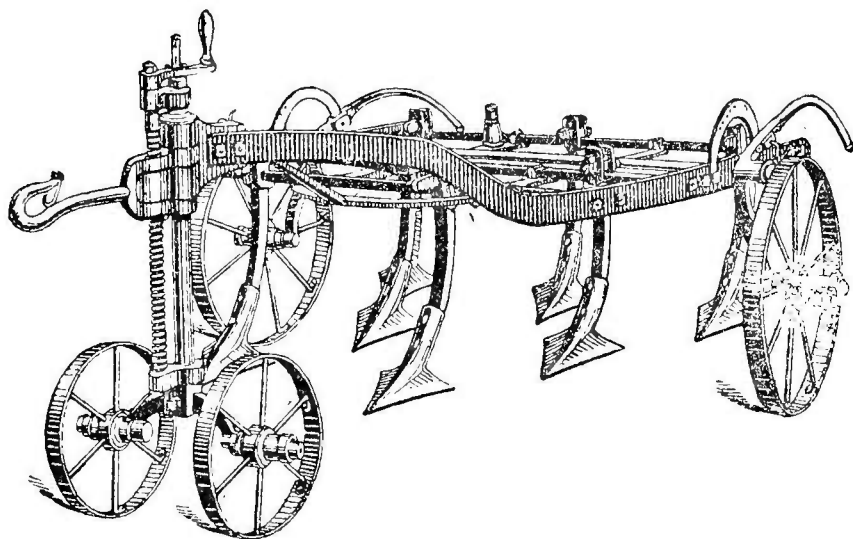
238 **Rodillos.**—A menudo es necesario, a pesar de la labor del arado primeramente, y la de la grada posteriormente, otra labor complementaria para deshacer los terrones, mediante otro

instrumento denominado **rodillo**. Su eficacia es tan positiva que nunca debe dejar de aplicarse.

El aparato puede estar formado por un cilindro liso de una sola pieza que gira alrededor de un eje horizontal; otras veces está constituido por varias piezas de acción dispuestas semejantemente al primero y que giran y producen el mismo resultado, es decir, rompen, desmoronan y disgregan los terrones duros.

La labor de este instrumento también tiene la ventaja de que conserva la humedad del terreno.

239. **Extirpadores y escarificadores. Cultivadores.**—Después que se ha preparado el terreno por medio de las labores del ara-



Extirpadora.

do, gradas y rodillos, se necesita mullir nuevamente la superficie con máquinas de cultivo hasta una profundidad media de 10 centímetros.

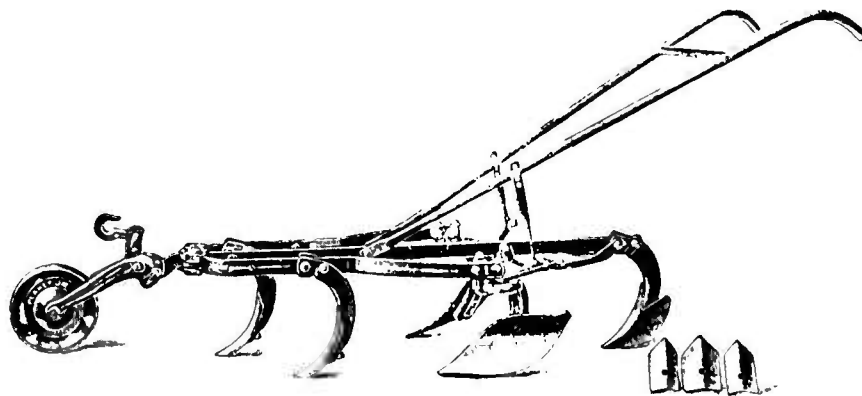
Consideradas desde el punto de vista de sus piezas de acción, las máquinas para realizar ese trabajo pueden ser:

Escarificadores, con láminas estrechas y largas que hacen profundos surcos, aunque poco anchos.

Extirpadores, que mullen y dividen la tierra a una profundidad menor que los escarificadores; tienen láminas anchas, casi planas, parecidas a una reja rectangular, con bordes cortantes, que cortan las raíces bajo la superficie del terreno.

Cultivadores, de láminas poco largas y anchas, algo cóncavas,

que mullen la tierra y la desplazan lateralmente, como si se tratara de una labor de aporque.

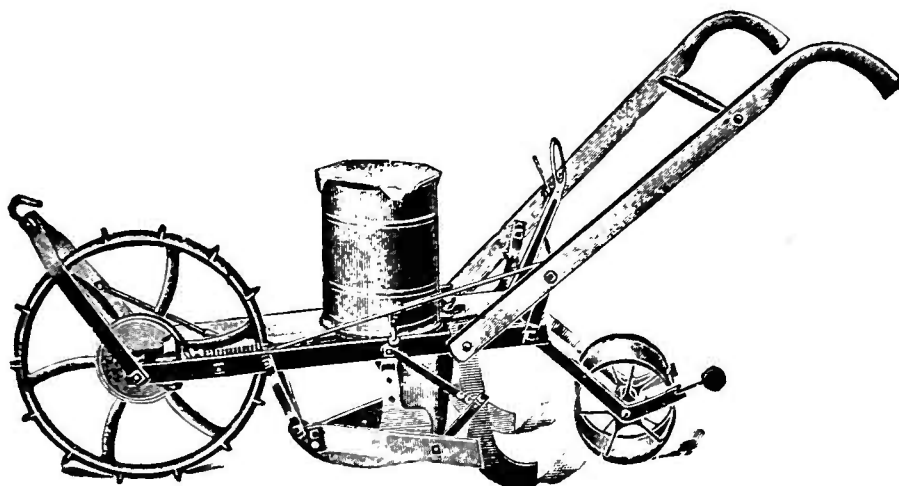


Cultivadora Planet, Jr.

240. **Máquinas distribuidoras de abonos.**—Preparado el terreno por medio de los instrumentos que hemos descrito someramente, estará en condiciones de recibir las semillas o las plantas que sean objeto del cultivo.

Es una buena práctica agrícola, seguida con el fin de aumentar el rendimiento de las plantas, la repartición de abonos sobre el terreno antes, o al mismo tiempo, que se practica la siembra.

A este efecto existen diversas clases o tipos de máquinas distribuidoras, según se trate de abonos líquidos, pulverulentos y estiércoles.

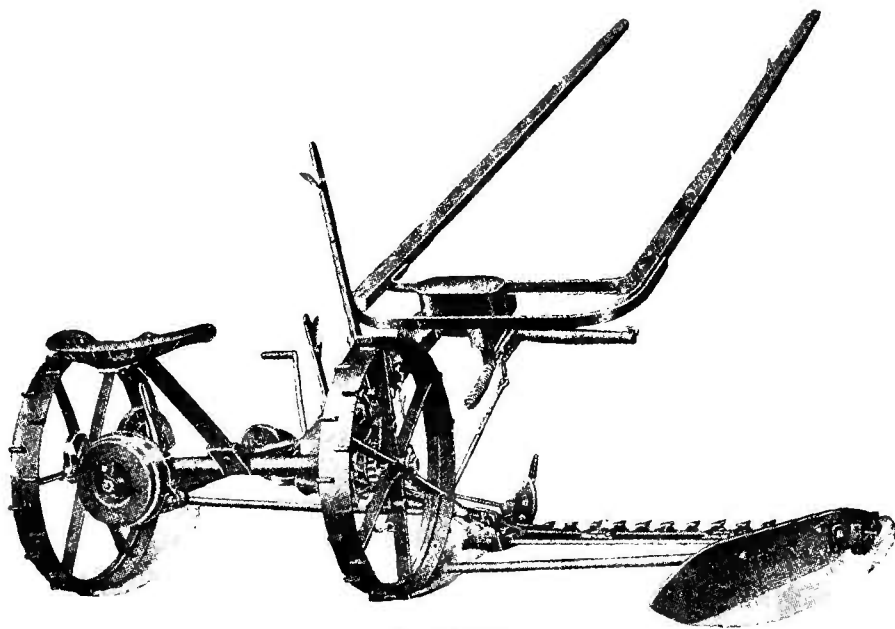


Sembradora.

241. **Máquinas sembradoras.**—Bien sea para distribuir las sobre la superficie, o para enterrarlas en el terreno, la distribución

de las semillas se puede ejecutar por medio de máquinas denominadas **sembradoras**.

Toda **sembradora** deberá realizar las siguientes operaciones: abrir el terreno a la profundidad necesaria; repartición uniforme de las semillas; y tapar o cubrir los huecos donde se depositaron las semillas.



Segadora.

CAPITULO XIV

MOTORES AGRICOLAS

242. **Definición y clasificación.**—Se denomina **motor** todo aparato destinado a transformar la energía en trabajo.

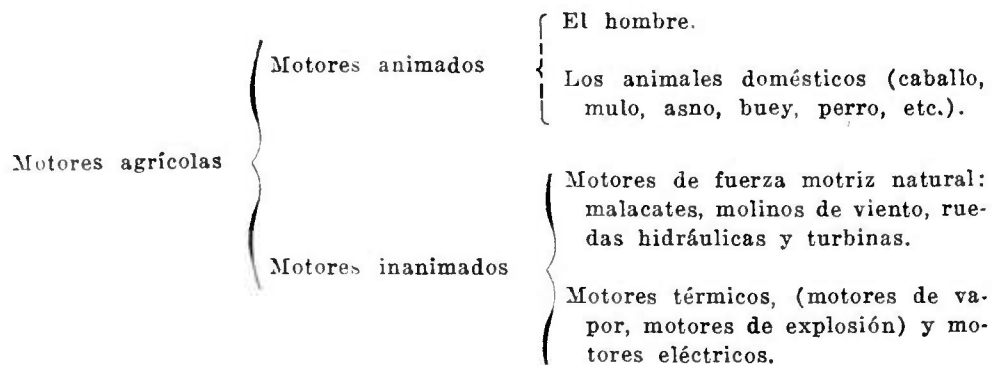
Los motores agrícolas pueden ser: **motores animados** y **motores inanimados**.

Los primeros comprenden: el hombre y los animales domésticos (caballo, mulo, asno, buey, perro, etc.).

Los segundos, o sean los inanimados, se clasifican en dos categorías:

- 1) Motores de fuerza motriz natural: malacates, molinos de viento, ruedas hidráulicas y turbinas.
- 2) Motores térmicos, (motores de vapor, motores de explosión) y motores eléctricos.

Podríamos escribir esta clasificación de los motores agrícolas así:



MOTORES ANIMADOS

243. **Cómo están formados.**—Al estudiar al hombre y a los animales como motores. encontraremos que en este caso la máquina estará formada por el conjunto de órganos y especialmente por el esqueleto, las masas musculares y el sistema nervioso.

La fuerza motriz resulta de la oxidación, en el seno mismo de los órganos, de las substancias carbonadas, grasas, glicógeno y albuminoides. La sangre arrastra los desechos de la combustión, y asegura la renovación del combustible, a medida que se utiliza.

Es importante regular la intensidad del trabajo de los motores animados, a fin de evitar la sofocación y la fatiga anticipada.

244. **El hombre.**—Es a la vez el motor menos potente y el más costoso. Es aplicable en los trabajos manuales que no exigen más que un pequeño desarrollo de fuerza; resultando admirable para la vigilancia y la dirección de los animales y de las máquinas.

En una tarea dada, el hombre realiza una cantidad de trabajo—medida en kilogrametros—que resulta invariable; pero la tarea ejecutada, está en razón inversa de la resistencia de los materiales. Es decir, que desarrollando el mismo número de kilogrametros, corta, por ejemplo, más trigo que avena. Si se trata de hacer girar una manivela, un hombre a jornal desarrolla 6 kilogrametros por segundo, y de 9 a 11 si cobra por ajuste

El elevado precio del trabajo humano, lo hace antieconómico, y obliga a recurrir al motor animal, y al motor mecánico, cada vez que la substitución es posible.

245. **El motor animal.**—Es utilizado para el transporte del hombre y cargas diversas, para la tracción de vehículos, máquinas, y para mover los malacates.

Se emplea este motor, bien sea sólo, o asociado a otras varias unidades de la misma especie, o de especies diferentes.

La potencia utilizable en kilogrametros del motor animado varía con las condiciones del trabajo, en los términos siguientes:

Empleado **sólo**, el animal dá el máximum de su esfuerzo; si se le **asocia**, hay un debilitamiento del rendimiento por unidad, pero permitirá economizar mano de obra, y de eliminar una parte del peso muerto de los vehículos.

Si se considera como 100 el rendimiento de un sólo animal, cuando se asocian varios animales, el debilitamiento del rendimiento será:

1 animal, (esfuerzo utilizable) ..	100
2 animales ..	93
3 " " " ..	85
4 " " " ..	77
5 " " " ..	70
6 " " " ..	63
7 " " " ..	56
8 " " " ..	49

De modo que si suponemos que un caballo sólo ejerce un esfuerzo de 45 kilogrametros, ocho caballos no rendirán $8 \times 45 = 360$ kilogramos. Su esfuerzo será: $45 \times 8 \times 0.49 = 176.40$ kilogrametros.

Esto nos indica, que debe haber un límite, hasta el cual hay ventajas para asociar los animales en un trabajo dado. Existen diversos tipos de **balancines** en los que, aplicando la teoría de la composición de fuerzas paralelas, se resuelve el problema, para los distintos casos de tiro.

Cargas a lomo.—Si un caballo marcha a una velocidad de 1.10 metros por segundo, puede cargar, de acuerdo con su talla, 100 a 150 kilogramos; si se aumenta la velocidad a 2.10 metros por segundo, la carga no puede ser mayor de 70 a 80 kilogramos.

El mulo, o el burro, pueden transportar cargas, a lomo, equivalentes hasta un cincuenta por ciento de su peso vivo; por eso son preferidos estos animales para esta clase de transporte, sobre todo en los lugares montañosos o faltos de buenos caminos.

El esfuerzo medio que un animal puede desarrollar durante un día de trabajo, varía con la especie, la raza, la talla.

	Caballo	Buey
Peso del animal, en kilogramos	400 a 500	500 a 600
Velocidad, en metros por segundo	0.95	0.70
Esfuerzo medio, en kilogramos	45	60
Trabajo por segundo en kilogrametros	42.7	42.5
Trabajo en un día de 10 horas (kilogrametros) ..	1,537,000	1,520,000

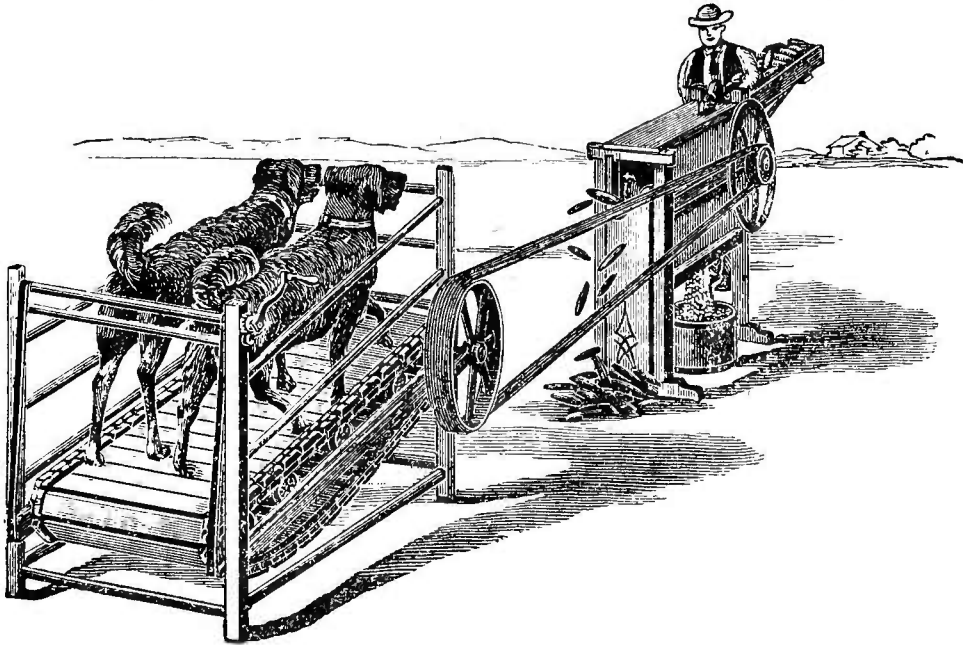
Como puede deducirse fácilmente del anterior cuadro, el buey, no obstante el mayor esfuerzo que puede desarrollar, como su velocidad es menor, su trabajo al día resulta casi igual, o un poco inferior, al del caballo.

MOTORES INANIMADOS

246. **Malacates.**—El motor animal es utilizado, además, para accionar los malacates, entre los cuales se distinguen: **malacates de pista circular** y **malacates de plano inclinado**.

El malacate es un instrumento muy antiguo, pero su construcción se ha perfeccionado notablemente, permitiendo que su uso se extienda grandemente.

En el malacate de **pista circular**, el animal recorre una circunferencia, arrastrando una barra que gira alrededor de un eje vertical; la barra está unida a una rueda dentada, que tras-



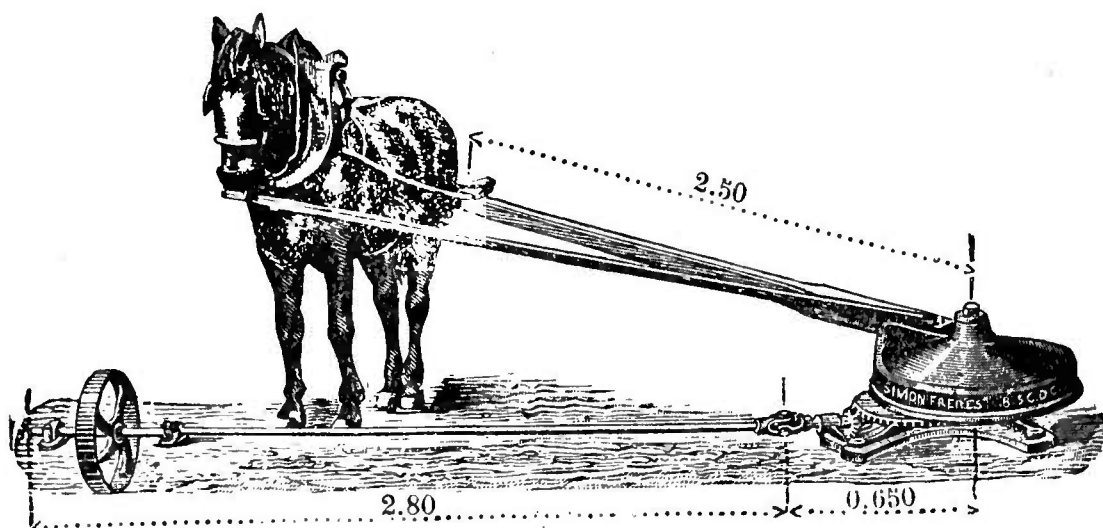
Malacate de plano inclinado.

mite el movimiento al árbol del malacate por un piñón, o por una serie de engranajes intermediarios, destinados a aumentar la velocidad angular. El árbol del malacate transmite entonces el movimiento a las máquinas o aparatos que se quieran mover, por medio de correas o engranajes.

El malacate de **plano inclinado**, está constituido por una jaula con capacidad suficiente para el animal que se utiliza como motor. La jaula tiene su fondo formado por un tablero móvil, en forma de **plano inclinado**. Este tablero móvil está construido por listones transversales de madera, montados sobre una cadena sin fin.

La cadena recibe el impulso de las patas del animal al apoyarse sobre los listones transversales, imprimiendo su movimiento a un árbol horizontal. El árbol, a su vez, trasmite el movimiento a la máquina o aparato que se desea mover

Se calcula que mientras un malacate de **pista circular** tiene un rendimiento de 75 a 80 por ciento, el malacate de **plano inclinado** puede llegar a rendimientos del 80 a 82%



Malacate de pista circular.

247. **Molinos de viento.**—Los molinos de viento están contruídos para interceptar, y transformar en trabajo, la fuerza viva del viento.

Solamente los vientos de 3 a 10 metros, por segundo, son utilizables. Los vientos más fuertes resultan peligrosos para el mecanismo del molino.

Los molinos de viento pueden ser: **molinos de alas y molinos de rueda.**

El molino o motor de viento, parece ser originario del Oriente, de donde fué traído a la Europa por los árabes, aplicándose en gran escala para la molida de los cereales en Francia, Polonia, Hungría, etc., y particularmente en Holanda, donde se les ha utilizado también como máquinas elevadoras de agua, destinadas al saneamiento de extensas regiones.

El molino del tipo más antiguo, está compuesto en su órgano fundamental por **alas**, que no son otra cosa que un esqueleto de madera y varias velas de tela.

El **molino de rueda**, data de mediados del siglo XIX. Desde esa fecha, en que hicieron su aparición en los Estados Unidos de América, hasta nuestros días, se ha ido difundiendo su uso de una manera notable, debido sin duda, a la gran perfección alcanzada en la construcción. Las ruedas que al principio eran de madera han sido sustituidas por paletas de hierro galvanizado.

Esas alas, paletas o abanicos, que deben estar dispuestas en sentido inclinado respecto al plano de la rueda, existen en número variable de 15 a 20; uniéndose entre sí por medio de aspas y de bordes circulares. En la parte central de la rueda, las aspas están unidas a una pieza de fundición o araña calada, sobre el eje, el cual lleva en la otra extremidad el piñón que trasmite el movimiento. Existe también una veleta o timón, para orientar la rueda, según la dirección del viento.

El único inconveniente que presentan los motores de viento, es la gran variabilidad de su potencia, debido a las variaciones de la intensidad del viento. Se han propuesto diversos métodos o formas de obviar esta dificultad, pero la solución resulta difícil.

248. **Turbina aérea.**—Consiste en el mismo principio de las turbinas hidráulicas, aplicado a la construcción de turbinas atmosféricas. En Norte América, Inglaterra, Francia y otros países se han presentado diversos modelos de estos aparatos, pero hasta ahora, los resultados obtenidos no permite clasificarlos ventajosamente entre los perfectos motores de ruedas.

249. **Motores de agua.**—Bajo el nombre de **motores de agua** incluimos las **ruedas hidráulicas** y las **turbinas**. Aquí la fuerza motriz es el agua.

La utilización del agua como fuerza motriz, es tan antigua, que pudiera decirse que los motores hidráulicos han sido, después de los motores animados, los de mayor aplicación en la agricultura.

Receptores hidráulicos.—Son el conjunto de máquinas que transforman, en trabajo utilizable, la energía de un salto de agua.

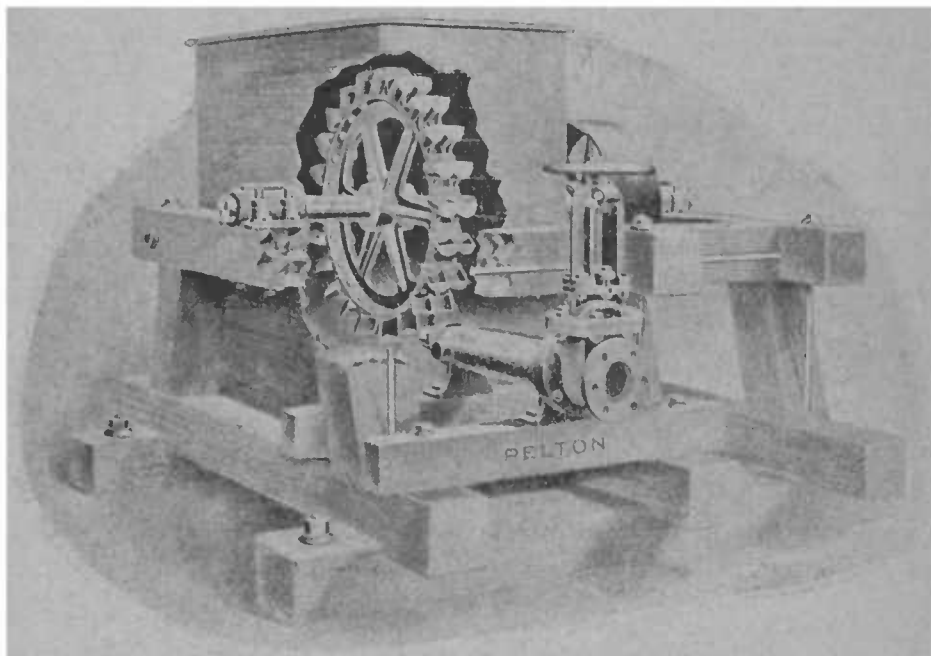
Los receptores hidráulicos pueden ser: **ruedas hidráulicas**, o sean aquellas máquinas que aprovechan la fuerza viva del agua

y en ocasiones su peso; y **turbinas**, que aprovechan la fuerza viva, el peso y la reacción del agua.

250. **Las ruedas hidráulicas.**—El modelo más sencillo y más antiguo es la rueda de paletas planas, de rendimiento muy limitado (35 a 40 por ciento).

La de paletas curvas, o rueda de Poncelet, más perfeccionada, permite alcanzar ya rendimientos del 60 a 70 por ciento.

La de ruedas de cajón, utiliza el choque y la fuerza viva del agua, con rendimientos desde el 75 al 80 por ciento.



Rueda "Pelton"

Y por último el modelo de "Ruedas Pelton" o "ruedas turbinas", que representa una transición entre las ruedas propiamente dichas y las turbinas. El agua se utiliza por medio de cañería, bajo fuerte presión; alcanzándose rendimientos que pueden ser del 85 o 90 por ciento.

251. **Turbinas.**—Las turbinas son ruedas hidráulicas de eje vertical u horizontal.

Toda instalación de esta clase comprende: un canal de alimentación del agua; una cámara en la cual se derrama el agua, la turbina; y un canal de desagüe.

La turbina comprende a su vez: Una corona de distribuidores fijos, abiertos en la cámara de agua; estos distribuidores di-

rigen el agua sobre los álabes del receptor. Un receptor móvil que recibe, sobre sus álabes, la fuerza viva del agua, y que transmite la energía mecánica al árbol axial. Una compuerta que sirve para regular la entrada del agua y la marcha de la máquina.

Los diversos tipos de turbina, han sido clasificados en tres grupos: turbinas radiales, axiales y mixtas.

252. Máquinas térmicas.—Se comprenden en este grupo, aquellas máquinas que transforman en trabajo la fuerza de expansión del vapor bajo presión, la del gas, o de los vapores en combustión.

En toda máquina térmica, hay tres órganos esenciales: el hogar, origen de la energía que se acumula en el **fluido motor**; el cilindro, donde el fluido gasta su fuerza de expansión para mover un pistón; y el refrigerante y condensador, destinado a recibir el **fluido** que ha gastado su energía. En el caso de la máquina de vapor, este fluido es introducido nuevamente en otro ciclo de transformaciones.

Según sea el **vehículo energético**, las máquinas térmicas pueden ser **máquinas de vapor** y **motores de explosión**.

253. Máquinas de vapor.—En esta clase de máquinas, el vapor proviene de un generador o caldera, independiente del hogar.

La construcción de la caldera debe responder a los siguientes objetivos: que tenga una superficie de calefacción lo más extensa posible, bajo un volumen y peso muy reducidos; de solidez tal que resulten inexplosibles; que sean simples y fáciles en su regulación, su vigilancia, su limpieza, etc.

En el hogar se quema hulla, madera, turba, etc.; algunos hogares están preparados para quemar petróleo, aceites pesados u otros combustibles líquidos previamente gasificados.

Las máquinas de vapor empleadas en agricultura pueden ser:

- a) Motores fijos, horizontales o verticales.
- b) Motores locomóviles.
- c) Motores automóviles o tractores.

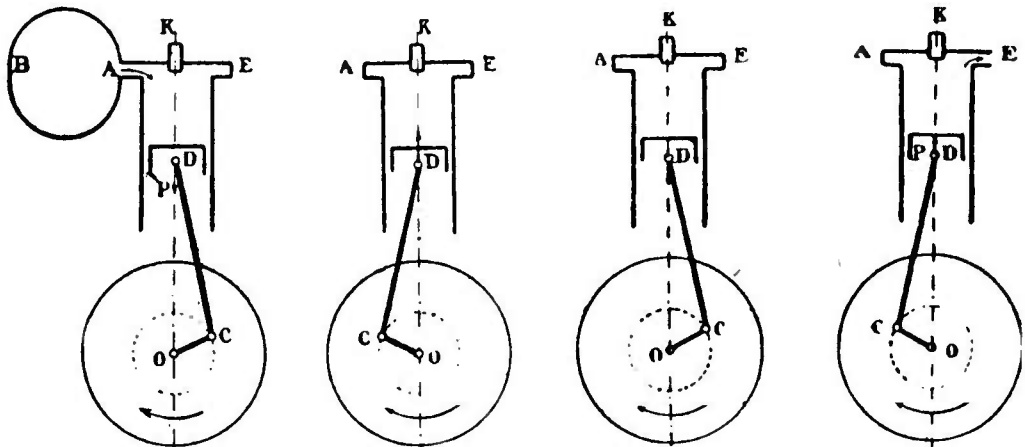
Los motores del primer grupo, (fijos, horizontales o verticales) se utilizan en las industrias agrícolas, bombas para riegos, etc. Por lo demás, los motores de vapor que se utilizan en la explotación agrícola pertenecen al tipo locomóvil o automóvil.

254. **Motores de explosión.**—Los motores de explosión o de combustión interna, difieren de las máquinas de vapor porque su hogar está situado dentro del cilindro mismo.

El combustible, es un gas asociado al aire, en proporciones convenientes, formando una mezcla detonante. Previamente comprimido, y después inflamado dentro del cilindro mediante una chispa eléctrica o un cuerpo incandescente, se eleva bruscamente a una temperatura de 1,500 a 1,700 C° La explosión que resulta, hace mover el pistón por su fuerza de expansión.

Una biela y una manivela, transforman y transmiten el movimiento.

La mayor parte de los motores son de simple efecto (1). Entre el fondo, o **block** del cilindro, y el pistón, se encuentra la cá-



Ciclos del motor de cuatro tiempos.

mara de explosión, donde el **fluido** sufre la compresión y el encendido.

A fin de evitar que la elevada temperatura de combustión deteriore el cilindro, existe un ventilador de paletas, o una circulación de agua, sobre las partes superiores del cilindro.

La serie de movimientos del pistón, necesarios para obtener un efecto útil, es decir, el **ciclo** de los motores, es de cuatro tiempos.

El primer tiempo, o sea la **aspiración**.—El pistón está en el ex-

(1) Son de **simple efecto** porque en ellos el émbolo recibe la presión solamente sobre una cara, cosa que no ocurre en los motores de vapor; además, en el motor de vapor, en cada vuelta del volante se recibe una impulsión sobre la misma cara, mientras que en el motor de explosión, la impulsión se realiza cada dos vueltas del volante. Por eso se llaman motores de **cuatro tiempos**.

tremo del recorrido, contra el **block** o tapa del cilindro; el volante hace una semivuelta, atrae el pistón hacia adelante de la cámara de explosión, produciendo un vacío en esta cámara, que determina la abertura de una válvula y la entrada de un volumen de la mezcla detonante.

El segundo tiempo, o sea la **compresión**.—Una segunda semivuelta del volante hace marchar el pistón en sentido opuesto, comprimiendo así la mezcla aspirada en el primer tiempo.

El tercer tiempo, o sea la **explosión**.—Cuando el pistón llega al extremo de su carrera, se produce una explosión que hace retroceder violentamente al pistón, obligando al volante a dar una semivuelta. Este es el efecto útil.

El cuarto tiempo, o sea la **expulsión**.—Una cuarta semivuelta trae el pistón al final de su carrera, para la expulsión de los productos de la combustión.

Vemos pues, que de los cuatro recorridos del pistón, uno solo es motriz, a cuyo efecto el motor está provisto de un volante pesado que asegura la continuidad del movimiento.

255. **Potencia de un motor**.—El motor de gasolina o petróleo, deriva su potencia de la combustión del combustible dentro del cilindro. Solamente un 15 a 25 por ciento de la energía así producida, es convertida en **trabajo útil**.

La potencia dentro del cilindro, (**potencia indicada**), por consiguiente, es diferente de la que tiene en la polea, (**potencia efectiva**). (1)

(1) La potencia dentro de la cámara de combustión (**potencia indicada**) puede ser determinada por la fórmula siguiente:

$$\text{HP.} = \frac{\text{PLAN}}{33000}$$

P = presión media efectiva sobre el pistón (en libras por pulgada cuadrada).

L = longitud del recorrido del pistón (en pies).

A = área del pistón, en pulgadas cuadradas.

N = número de explosiones por minuto.

(Esta fórmula es la misma que se emplea en la máquina de vapor, con la sola diferencia de que N aquí representa el número de explosiones sencillas por minuto, en lugar del número de revoluciones por minuto, de doble impulso, de la máquina de vapor).

La fórmula que indicamos a continuación, para la determinación aproximada de los caballos de fuerza efectivos de un motor, es utilizada con resultados bastante satisfactorios. (1)

Motor de gasolina de cuatro tiempos, (un solo cilindro):

$$\text{HP} = \frac{D^2 \times L \times N}{16,600}$$

D = diámetro del cilindro, en pulgadas.

L = carrera del pistón, en pulgadas.

N = revoluciones por minuto.

Un motor con 6 pulgadas de diámetro en el pistón, 8 pulgadas de recorrido y 500 revoluciones por minuto, tendrá:

$$\frac{6^2 \times 8 \times 500}{16,600} = 8.67 \text{ HP (aproximados).}$$

Motor de dos tiempos:

Como quiera que el motor de dos tiempos rinde de $1\frac{1}{3}$ a $1\frac{1}{2}$ veces tanta fuerza como el motor de cuatro tiempos, la fórmula será:

$$\text{HP (aproximados)} = \frac{D^2 \times L \times N}{11,500}$$

Aplicando la fórmula al caso anterior, si el motor fuera de dos tiempos, nos daría:

$$\text{HP (aproximados)} = \frac{6^2 \times 8 \times 500}{11,500} = 11.52$$

256. **Motor Diesel.**—Ha adquirido una gran difusión en los últimos años, debido al reducido consumo de combustible, a la

(1) El término "horse power" (HP), caballo de vapor, o de fuerza, significa el trabajo que se realiza a la relación de 33,000 **pies-libras de trabajo en un minuto.**

El pie-libra de trabajo es el trabajo que se hace al levantar una libra de peso a un pie de altura. Si se levantan 33,000 libras a un pie de altura en un minuto, se habrá desarrollado 1 HP; si se levanta una libra a 33,000 pies en un minuto, también se habrá desarrollado 1 HP.

posibilidad de usar aceites crudos, parafina, nafta bruta, etc., y a su fácil manejo y regularidad en su funcionamiento.

Mientras que en los motores que hasta ahora hemos visto la mezcla de aire y del combustible se comprime a una presión relativamente baja, haciéndose inflamar por tubos incandescentes o por chispa eléctrica, en el sistema Diesel el aire es comprimido a una alta presión antes de mezclarse con el combustible. Esta compresión determina un grado tal de temperatura que cuando el combustible se introduce en el cilindro, éste se inflama por sí solo.

El funcionamiento también es a cuatro tiempos, pero en la forma siguiente:

- 1er. tiempo: Aspiración del aire.
- 2º. „ Compresión del aire a presión muy elevada, con notable elevación de temperatura.
- 3er. „ Inyección del combustible. Combustión. Expansión.
- 4º. „ Escape de los gases de la combustión.

En el tercer tiempo, al inyectarse el combustible, se pone en contacto con el aire muy caliente y arde gradualmente y sin detonación, impulsando el pistón durante un corto trayecto hasta que se cierra la válvula de admisión del combustible. La expansión del gas quemado prosigue impulsando el pistón hasta el término de la tercera carrera.

En el motor Semi-Diesel existe un compresor de aire de alta presión que ayuda a pulverizar el petróleo dentro del cilindro.

257. **Clasificación.**—De acuerdo con el combustible empleado, se clasifican los motores como sigue:

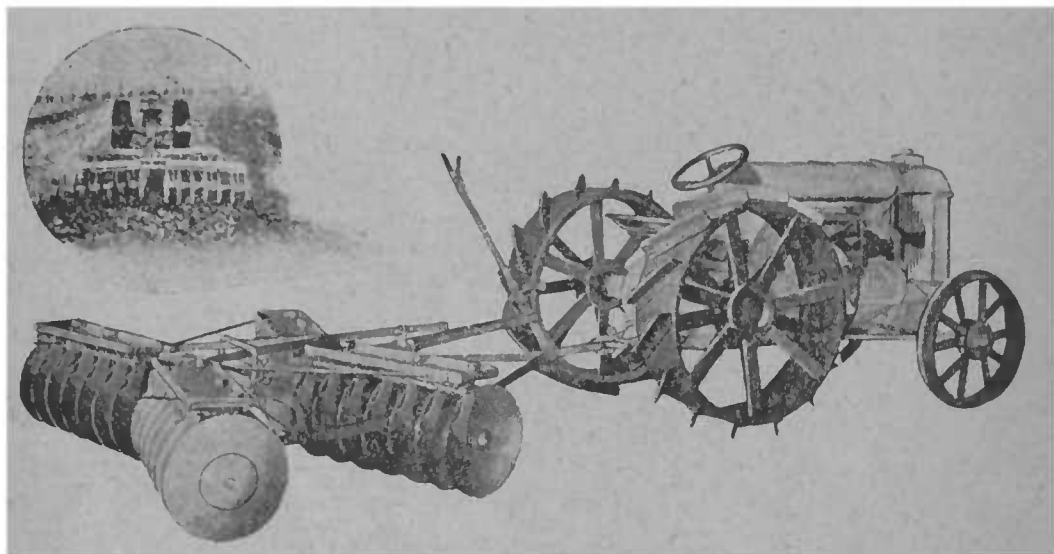
- 1.—Motores de gas de alumbrado.
- 2.—Motores de gas pobre.
- 3.—Motores de acetileno.
- 4.—Motores de combustible líquido, (petróleo, gasolina, alcohol).

258. **Tractores.**—Se da el nombre de **tractor** a toda máquina automóvil, destinada a remolcar los vehículos o las máquinas agrícolas.

El empleo del tractor en agricultura está indicado en los ca-

sos de grandes extensiones de terrenos, falta de brazos, o cuando la naturaleza del suelo y del clima obliga a realizar los trabajos en un plazo corto y determinado. Sin embargo, para las propiedades de extensión mediana, ya se fabrican modernos tractores de menor costo y de funcionamiento económico.

De todos modos, no hay que perder de vista, que el uso del tractor representa un capital que sufre demérito desde el momento de su adquisición, por el desgaste y reparación de su mecanismo; que hay que considerar gastos de reparación, de amortización y de conservación; que se requieren obreros hábi-



Tractor "Fordson" con grada de discos.

les para su manejo; que el aparato sufre y se desgasta cuando tiene que vencer pendientes fuertes del terreno, donde se ve obligado a desarrollar su máximo de fuerza.

Vemos, pues, que el uso del tractor tiene ventajas y desventajas que hay que estudiar en cada caso.

Por otra parte, es difícil recomendar un determinado tipo de tractor. de las numerosas marcas que se fabrican, adaptables unas al gran cultivo y otras al mediano o pequeño predio. Los principales modelos pueden ser comprendidos bajo tres grupos, a saber: tractores de tamaño grande, de 45 a 80 caballos de fuerza; tractores medianos, de 8 a 30 caballos; tractores pequeños, de 6 a 12 caballos de fuerza; y tractores aun más chicos, propios para huertas, etc.

Los tractores generalmente consumen como combustible la ga-

solina, petróleo, o derivados de estos productos, más o menos puros.

Además de las ventajas que puede ofrecer el tractor para la tracción de arados, gradas, rodillos, sembradoras, etc., es utilizado también para la transmisión de movimiento, y mueve desgranadoras, molinos, bombas, etc.

Todo tractor debe estar subordinado en su construcción a las condiciones siguientes: fácil entretenimiento, robustez de sus piezas, acceso fácil a todas las partes de la máquina, ausencia de engranajes y cadenas exteriores; dos velocidades y marcha atrás; polea independiente para usarlo como motor y suficiente altura para salvar los desniveles del terreno.

259. **Motores eléctricos.**—El empleo de la electricidad como fuerza motriz en las explotaciones agrícolas, no es realmente económico, si no existe un enlace a una red de distribución de corriente eléctrica.

Los **motores eléctricos**, son aparatos que transforman directamente la energía eléctrica en energía mecánica, bajo la forma de movimiento rotatorio continuo. Esos motores pueden ser de corriente continua y de corriente alternativa. Entre los últimos, los motores de corriente alternativa trifásica merecen especial atención.

La determinación de uno u otro tipo dependerá, evidentemente, de la naturaleza de la corriente suministrada por la distribución.

Ventajas.—Los motores eléctricos, constituyen la fuerza motriz ideal por el poco espacio que ocupan y su entretenimiento casi nulo; por su extrema simplicidad para su manejo que no exige ningún conocimiento especial; porque su marcha tampoco exige ninguna vigilancia especial; por su suavidad maravillosa que hace que las máquinas movidas por ellos no estén sometidas frecuentemente a violentos choques ocasionados por sobrecargas momentáneas; gasto rigurosamente proporcional al esfuerzo a que se les someta; y por su fácil arranque.

CAPITULO XV

TERRENO CUBIERTO DE MONTE TUMBAS

260. **Caso particular de las labores.**—En el Capítulo sobre “Labores” vimos las distintas operaciones que se necesitan para la preparación del suelo, tendientes, como es natural, al mejoramiento de las condiciones físicas y químicas del mismo, y a asegurar un mejor éxito en las operaciones subsiguientes, reclamadas por el cultivo.

Sin embargo, antes de entrar en el estudio de las diversas fases que reclama toda siembra, debemos completar las ideas que apuntamos sobre las labores, hablando del caso particular de que el terreno que se trate de cultivar esté cubierto de monte.

261. **Terreno cubierto de monte.**—En este caso, la preparación del suelo requiere previamente proceder a la **tumba**.

La **tumba**, según la forma como se practica y el cultivo a que se destina el terreno, puede ser: **tumba rasa** y **tumba y deja**.

En la **tumba rasa**, como lo indica su nombre, se hacen desaparecer todos los vegetales con excepción señalada de aquellos que no estorban al cultivo. Para esto hay que proceder a la **chapea, tumba, pica, quema** y **foguereo**.

La **chapea** se realiza por medio del machete, cortando bajo todas las plantas que por su diámetro permiten el uso de este instrumento, facilitando así la subsiguiente operación, o sea la **tumba**.

La **tumba** consiste en el derribo, por medio del hacha, de los árboles corpulentos.

Pica.—A los árboles así derribados, se les separan sus ramas, subdividiéndolas, a fin de facilitar su incineración. A veces, cuando las condiciones lo permiten, los árboles se utilizan en forma de **leña**, o si se trata de maderas buenas, se aplican a la fabricación de muebles, etc.

Quema.—Consiste en la aplicación del fuego para que desaparezcan la casi totalidad de los vegetales—ramas, hojas, etc.—. Debe aislarse la tumba por medio de un camino—**guardarraya**— a fin de que la **candela** no se comuniqué a los predios colindantes; realizándose la operación de la **quema** por distintos puntos, desde fuera hacia adentro, de modo que termine en el centro del campo.

Foguereo.—Tiene por objeto procurar la completa incineración de los restos de los vegetales voluminosos, o verdes, que han escapado a la acción del fuego. A este objeto se amontonan esos restos, volviendo a aplicarles el fuego.

El **foguereo** suele llamarse también “habita”

Tumba y deja.—Se diferencia de la **tumba rasa** en que no se efectúa con los cuidados que se dedican a aquella. En la **tumba y deja**, que se practica cuando se va a dedicar el terreno a la siembra de pastos, solamente se derriban los arbustos y árboles pequeños, cuyos ramajes no se subdividen, dejándolos tal y como caen.

262. **Cuando se realizan las tumbas.**—Lo mismo que en las siembras, existen dos períodos para practicar las tumbas. Las tumbas que se realizan en la temporada de las lluvias, no permiten una completa incineración; las tumbas hechas en el invierno facilitan una mejor incineración, y por consiguiente permiten desembarazar el terreno de todos los obstáculos para una buena preparación del mismo.

263. **Inconvenientes de las tumbas.**—En realidad, la incineración de la materia vegetal procedente del corte de los montes, sólo puede aceptarse como una necesidad, o sea como único medio práctico de limpiar o desembarazar el terreno que se va a cultivar, porque la acción del fuego destruye gran cantidad de elementos ricos en carbono y nitrógeno, perjudicando la riqueza nutritiva del suelo.

Por otra parte, como las cenizas procedentes de la incineración de los vegetales tienen su valor como abono, según vimos en la lección correspondiente a los “**abonos**”, se deben aprovechar, esparciéndolas por todo el terreno.

CAPITULO XVI

SIEMBRAS

264. **Definición.**—En Agricultura, se denomina siembra la operación agrícola de colocar en el suelo la semilla para que germine.

265. **Epoca.**—La determinación de la época para la siembra estará subordinada a las condiciones siguientes:

- a) Que el grano encuentre en el suelo las condiciones requeridas para una rápida germinación, especialmente humedad y calor; y
- b) Que las plantas dispongan de un tiempo suficiente para desarrollarse y poder germinar.

En estas condiciones, es corriente que tanto para ésta, como para otras operaciones del campo, existan fechas fijadas por las costumbres, el terreno, la naturaleza del cultivo, y el clima de la localidad. A este respecto, en Cuba se tienen en cuenta las épocas de lluvias y las de sequía. Las siembras que se verifican en el otoño reciben el nombre de **siembras de frío** y las que se hacen al final de la primavera y principio del verano, se conocen bajo la denominación de **siembras de agua**.

266. **Preparación de las semillas.**—La preparación de las semillas comporta las manipulaciones siguientes:

- a) Su limpieza y selección.
- b) Remojarlas durante un tiempo más o menos largo, a fin de activar la germinación. Esta operación es de gran utilidad en las semillas voluminosas, y para aquellas de tegumentos fuertes y espesos.
- c) El sulfatado, o, el baño con formol, para destruir los gérmenes de los parásitos criptogámicos.
- d) Tratarlas con alquitrán, a fin de alejar los pájaros granívoros y los roedores.

267. Preparación del terreno.—Para recibir las semillas, el suelo exige una cuidadosa preparación.

Como hemos visto anteriormente, esa preparación comprende: mullir el terreno por medio de las labores apropiadas a la clase del suelo y a las exigencias de las plantas; una limpieza del terreno lo más perfecta posible; la aplicación de los abonos que sean necesarios.

268. Cantidad de semillas.—Entre las semillas que se reparten sobre el terreno, hay un gran número de ellas que no darán ningún producto, por las razones siguientes: por su mediocre calidad, o mala preparación, que las hace inaptas para la germinación; otras, porque permanecen descubiertas, o son enterradas demasiado profundo, siendo presa de los insectos o roedores; en fin, el suelo es demasiado húmedo, o demasiado seco, o de condiciones climatéricas desfavorables, y puede paralizar el desarrollo de las plantitas jóvenes.

Por todas estas circunstancias, se necesita una cantidad de semilla superior a aquella que, teóricamente, exigiría la producción de una buena cosecha. Sin embargo, no debe perderse de vista que el exceso es generalmente perjudicial, porque aumenta los gastos y disminuye el rendimiento.

Las dosis fuertes de semillas son, sobre todo, necesarias en los casos siguientes:

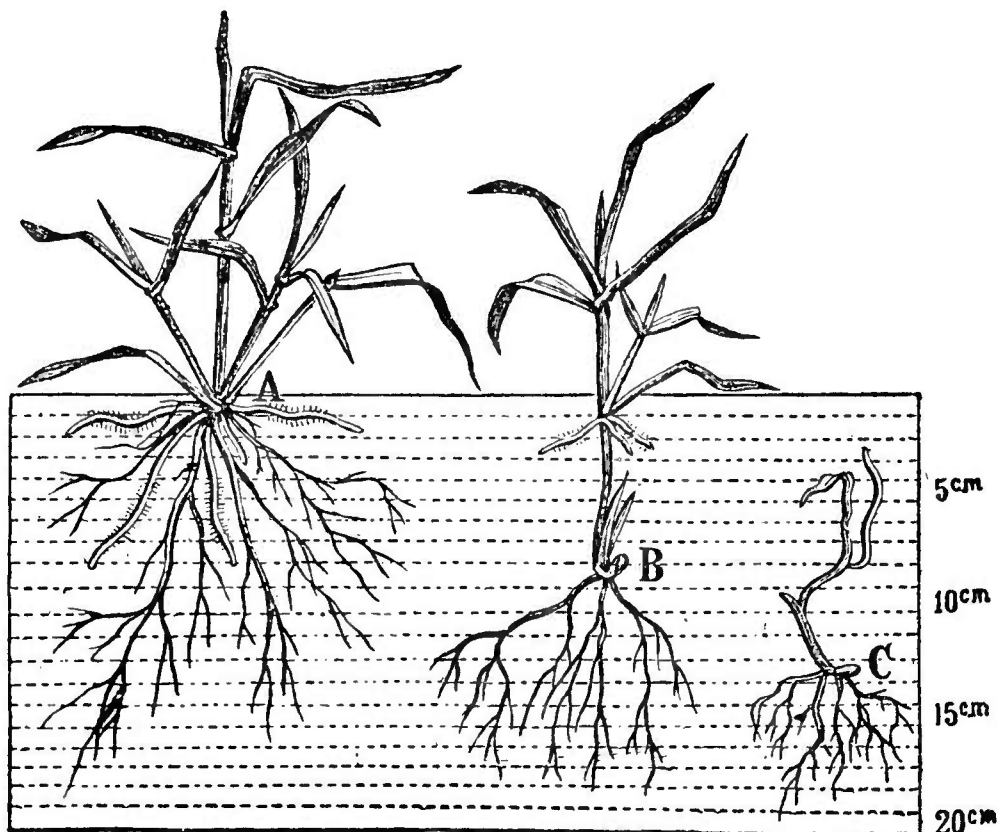
- a) Cuando los suelos son pobres, insuficientemente preparados, o imperfectamente limpios.
- b) Bajo un clima seco o frío.
- c) Cuando se trata de semillas voluminosas, de mala calidad, o que no han sufrido una selección y preparación convenientes.
- d) Cuando las siembras son tardías, y cuando se ejecuten irregularmente.

269. Profundidad.—La profundidad a que se entierra la semilla, debe ser tal, que facilite una rápida germinación, y los tallitos tiernos no tarden en salir a la superficie, para absorber el anhídrido carbónico del aire.

Como hemos visto en lecciones anteriores, la germinación requiere un medio aireado, fresco y al mismo tiempo suficiente-

mente caliente: los granos deben ser enterrados tanto más profundamente, cuanto que la exposición del suelo a la sequía sea mayor: que el clima o la estación sean más calientes y más secos, y que la semilla sea más voluminosa.

En general, una vegetación vigorosa, una maduración rápida y una recolección uniforme, son las ventajas de siembras poco profundas y bien regulares.



Efecto de la profundidad de la siembra sobre el desarrollo de los granos.

270. **Formas de las siembras.**—Por su forma, la siembra puede ser a **voleo** y en **líneas**.

La **siembra a voleo** presenta serios inconvenientes: que su ejecución, cuando se practica a mano, exige un obrero hábil y consciente para esparcir las semillas en forma de lluvia; que se necesita una elevada dosis de semillas; y que hace difíciles, y algunas veces hasta imposibles, los cuidados de entretenimiento de los cultivos. Sin embargo, es el método más conveniente para las plantas forrajeras.

La **siembra en líneas**, por el contrario, caracteriza la agricultura progresiva, y presenta las ventajas siguientes:

- a) Economía de semillas (de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{3}$) y una gran mejora en la calidad y en la cantidad de la cosecha.
- b) Uniformidad en la profundidad a que se siembra y en la repartición de las semillas, y por consecuencia, en la recolección de las plantas.
- c) Acceso fácil de la luz y del aire (sobre todo si las líneas se orientan de Norte a Sur), lo cual da a los productos vigor, abundancia y riqueza.
- d) Economía y facilidad en las labores de escardas, etc.

271.—**Como se ejecutan las siembras.**—Las siembras se pueden ejecutar a **mano** y a **máquina**.

Las **siembras a mano**, que ordinariamente se hacen a **voleo**, no se pueden ejecutar sino en un tiempo de calma. El obrero que lleva la semilla en un saco o bolsa apropiada, realiza el trabajo regulando su paso, y los puñados los proyecta lo más posible en la dirección del viento.

Cuando la siembra se practica **a mano**, o también por medio de **máquinas**, dejando caer la semilla en un surco previamente trazado, produciendo un verdadero chorro de semilla, a intervalos o sin interrupción, se dice que la siembra se hace a **chorrillo**.

La siembra a **chorrillo**, bien sea a mano o a máquina, es un procedimiento más perfecto, se aprovecha más la semilla, que se distribuye uniformemente y, aunque los gastos de ejecución sean mayores, son compensados por el ahorro que se logra a causa de una distribución más perfecta de las semillas.

Cuando la siembra a **chorrillo** se hace **a mano**, el sembrador que sigue tras el arado que abre el surco, deja caer en su fondo el **grano** a las distancias convenientes; en unos casos la tierra del surco inmediato cubre las semillas, otras veces se hace una labor de grada para taparlas, y en ocasiones, el mismo obrero que las deposita, va cubriéndolas simultáneamente al empujar la tierra con el pie.

Si las siembras se hacen **con máquinas**, tendremos las siguientes ventajas:

Que no son estorbadas por el viento como en la siembra a **voleo**; que se realizan con una gran rapidez y una regularidad perfecta; que permiten efectuar simultáneamente la distribución y el enterramiento de las semillas y la aplicación de abonos asi-

milables próximo a los granos; y, en fin, que se puede regular exactamente la cantidad de semillas que se quiera emplear.

272. **Sembradoras mecánicas.**—Las sembradoras comprenden una caja para las semillas y un aparato distribuidor. Según sea la forma de este último, se distinguen las sembradoras a **voleo** y en **línea**.

Caracteres de una buena sembradora.—Una buena sembradora se distingue por los caracteres siguientes:

- a) Estructura sólida y ligera, fácil de conducir y de manejar.
- b) Tubos distribuidores móviles, espaciables a voluntad.
- c) Dispositivo para trazar los surcos a la profundidad deseada, aunque invariables, una vez que el instrumento ha sido regulado.
- d) Aparato de regulación capaz de producir, con granos de diversos volúmenes, una alimentación continua y uniforme; y
- e) Dispositivo que permita interrumpir y proseguir a voluntad la emisión de las semillas, y de vigilarla constantemente.

273. **Enterramiento.**—Los granos sembrados a **voleo**, son cubiertos por el arado, el extirpador, la grada o el rodillo, según su volumen. Las sembradoras en líneas cubren automáticamente la semilla, una vez que ha sido depositada en el surco.

274. **La siembra a golpe.**—Consiste en ir depositando las semillas en los hoyos que se abren con la azada, plantador, etc. La tierra de cada hoyo sirve para tapar la simiente.

No obstante la perfección del sistema, como resulta muy costoso, solamente se practica en las huertas, jardines, o en el caso particular de las tumbas en que, por las dificultades para otras labores, se hace la siembra a **jan**.

275. **Sistemas de siembra.**—

Por su forma	Según el medio con que se ejecutan
Pueden ser:	
A voleo	{ A mano. A máquina.
El ^m líneas	{ “Chorrillo” a máquina. “Chorrillo” a mano.
El ^m líneas	{ A golpe.

276. **Multiplicación de los vegetales. Diferencia entre siembra y plantación.**—La multiplicación de los vegetales puede ser directa o indirecta.

La multiplicación directa (también llamada gámica o sexual) se realiza **naturalmente** o **artificialmente**. Es **natural** cuando la propia naturaleza, sin intervención del hombre, realiza la **dise-minación** de las semillas. Es **artificial** cuando la multiplicación se verifica mediante el concurso del hombre, constituyendo entonces la **siembra** (que es lo que estudiamos en esta lección).

En cuanto a la multiplicación indirecta (a veces llamada en este caso “propagación”), se realiza por medio de yemas o gérmenes, y entonces se denomina **plantación**.

Esta forma de multiplicación indirecta también suele llamarse **agámica, asexual** o **por yemas**.

277. **Cuidados que reclama la siembra.**—Las operaciones principales que reclama toda siembra para su mejor desarrollo son: **escardas** o **deshierbas**, **aporques**, **aclarado**, **riego**, **poda**, **desaporques**.

Las **deshierbas** o **escardas**, se realizan con el arado, azada o machete. Tienden a evitar la propagación de las hierbas adventicias que sustraen alimento y espacio al cultivo.

Por el **aporque**, se reúne y arrima al pie de las plantas determinada cantidad de tierra, de modo que la parte inferior del tallo quede cubierta, facilitando de este modo el desarrollo de las raíces. Se puede realizar con el azadón, pala, cultivadora o arado.

Se denomina **aclarar**, el arranque o entresacado de algunas de las plantas cuando la siembra es muy tupida, contribuyendo, o ayudando así, al mejor desarrollo de las que se dejan en el campo.

El **riego** tiende a facilitar la humedad que necesitan las plantas, y ha sido estudiado en lecciones anteriores.

Deslechugados o despunte de los vástagos; podas.—Tienen por objeto preveer al crecimiento anticipado, o el desarrollo anormal, facilitando una mayor vitalidad al fruto.

Desaporcar o descalzar.—Se realiza con el fin de desarrimar la tierra que cubre el pie de las plantas, meteorizando el terreno, facilitando el desarrollo de las raíces, destruyendo las raíces superficiales y propendiendo al desarrollo de las inferiores.

278. **Recolección.**—Es la operación que tiene por objeto recoger el fruto de las plantas. En Agricultura puede considerarse como **fruto**, bien sea la planta entera, una parte de ella, o un órgano, que constituya el fin del cultivo.

Para que la recolección se efectúe en buenas condiciones, es necesario que coincida con el momento en que los productos alcancen el máximo de su valor desde el punto de vista comercial, industrial o nutritivo, y que se realice en buen tiempo y con la mayor rapidez.

279. **Alternativa de cosechas.**—Consiste en la repartición de todas las tierras de una explotación en un cierto número de parcelas, sobre las cuales se cultivan las diferentes especies de plantas.

La práctica de la alternativa de cosechas está basada en observaciones biológicas y en consideraciones económicas.

Observaciones biológicas.—La ciencia y la práctica agrícola, han observado los fenómenos siguientes: Cada especie de planta exige un abono completo, apropiado, y cuya composición varía con la composición de las plantas mismas; cada recolección deja al suelo en un estado físico y químico especial que favorece o dificulta el desarrollo de ciertas plantas; la influencia de las plantas sobre el agotamiento del suelo es diversa; las operaciones del cultivo influyen distintamente sobre la bondad del suelo: una rotación bien combinada contribuye a la destrucción de las plantas parásitas y de los insectos nocivos.

Por consecuencia, en vista de los hechos anteriores, es necesario variar los cultivos sobre un mismo suelo, es decir, hacer suceder los unos a los otros; un mismo cultivo no debe realizarse sobre el mismo campo sino después de un tiempo bastante considerable, a menos que se restituyan al suelo por medio de los abonos adecuados, las substancias que dichos cultivos aprovechan.

Principios económicos.—Para establecer una alternativa económica, se deben observar las reglas siguientes:

Repartir los cultivos de modo que el personal, implementos y ganado, esté ocupado todo el año sin fatiga excesiva; escoger los cultivos que reporten los mayores beneficios, y asegurarse que las cosechas encontrarán salida en el momento oportuno; combinar los cultivos de modo que el suelo esté ocupado constantemente y que los abonos sean utilizados lo más perfectamente posible.

Importancia de la alternativa.—Antiguamente, las leyes de la alternativa de cosechas dominaban toda la Agricultura. Hoy en día, con los progresos de la maquinaria e implementos agrícolas, de los métodos de cultivo y, sobre todo, por el uso de los abonos químicos, el cultivo ha quedado sustraído casi completamente a sus prescripciones.

Sin embargo, sería antieconómico el completo abandono del sistema, toda vez que las prescripciones más importantes que se refieren a la naturaleza del suelo, a la fisiología de la planta y a la repartición de los trabajos agrícolas, ameritan ser observadas.

280. **Cultivo intensivo y cultivo extensivo.**—Se llama cultivo intensivo aquel que, por medio de abonos aplicados de un modo racional y en forma abundante, obtiene en el más corto espacio de tiempo, el rendimiento más elevado por unidad de superficie.

Aquí el cultivo, desentendiéndose de la rotación, se esfuerza para que las tierras produzcan, sin interrupción, las plantas que en el orden comercial sean las más lucrativas.

En el **cultivo extensivo**, sin desdeñarse los rendimientos elevados, se tiende sobre todo a reducir al *mínimum* el precio del trabajo del suelo, por unidad de superficie.

281. **Barbecho.**—Consiste en dejar el suelo sin cultivos durante un año.

Con el barbecho se persigue un doble fin: Primero: Extirpar toda vegetación adventicia que haya invadido el terreno; y Segundo: Devolver al suelo, agotado por la multiplicidad de cosechas, sus riquezas fertilizantes.

Estos fines se consiguen por medio de las labores, gradas y rulos, repetidas veces, limpiando y mullendo la tierra; por los abonos que suministran reservas nutritivas.

Es evidente que el barbecho resulta antieconómico por los costosos trabajos que exige, y el tiempo que permanece el suelo improductivo; por esta razón se le sustituye con la alternativa de cosechas y una abundante aplicación de abonos. Solamente en casos excepcionales de tierras muy compactas, invadidas por una fuerte vegetación adventicia, es que se impone el barbecho cada 8 o 10 años.

CAPITULO XVII

MEJORAMIENTO DE LAS PLANTAS

282. **Medios para conseguirlo.**—La preocupación constante de todo agricultor debe ser el aumento en los rendimientos de sus cultivos. A este objeto, él dispone de dos medios: perfeccionamiento de los métodos culturales (instrumentos de labor, abonos, siembras, etc.), y, trabajando sobre la propia planta objeto del cultivo, capaz de transmitir por herencia sus defectos y sus buenas cualidades a la descendencia nacida de ella.

283. **Genética.**—El estudio de todo lo que se relaciona con la herencia (mutaciones, mendelismo, selección) y con la transmisión de los caracteres, constituye la ciencia que se conoce bajo el nombre de “Genética”

Por medio de la Genética (o “breeding”, en inglés) estudiamos las plantas cultivadas y los animales domésticos, bajo la forma sistemática de su crianza y reproducción, a fin de asegurar formas mejores, aumentando los provechos.

La Genética, por consiguiente, puede ser: “Genética vegetal” o “Genética animal”, según se estudie en ella el vegetal o el animal.

284. **Origen de la Genética.**—Las teorías científicas en que descansan los principios para el perfeccionamiento de las plantas, y los primeros ensayos referentes a la sexualidad y cruzamientos, tuvieron su origen a fines del siglo XVII.

Desde entonces, multitud de hombres de ciencia han laborado constantemente para venir a formar el cuerpo de doctrinas y experiencias, en que descansan todos los métodos de mejoras.

285. **Estado actual y estudio de esta ciencia.**—El mejoramiento de las plantas cultivadas, extendido a todas las plantas económicas, ha penetrado actualmente en la casi generalidad de las regiones agrícolas del mundo. La literatura en forma de revistas, libros y folletos al alcance del agricultor práctico, se ha

multiplicado, ⁽¹⁾ siendo innumerables las Estaciones Agrícolas que actualmente se dedican al estudio y perfeccionamiento de las plantas.

286. **Los métodos de mejoras.**—Pueden ser de dos categorías:

a) Aquellos que tienden a mejorar una raza o una variedad **ya existente**; y

b) Aquellos que se esfuerzan por **crear** nuevas razas o variedades mejoradas.

Primera categoría.—Comprende el antiguo método llamado **masal**, y el método **genealógico** o **individual**, por separación de líneas puras, llamado también **método por pedigree**, actualmente muy generalizado y fundado en bases verdaderamente científicas.

Segunda categoría.—Abarca dos métodos: el de **hibridación artificial**, de capital importancia, y el de mejora por **mutación** o **variación brusca**.

287. **Primera categoría. Selección masal.**—Consiste esencialmente en elegir dentro de un campo las plantas más hermosas, de mejores granos, y por sucesivas eliminaciones de aquellos que no satisfagan, conservar los mejores para los cultivos o la venta.

La selección masal puede ser anualmente repetida, mejorándose progresivamente, y trayendo como consecuencia la predominancia de una variedad escogida, o aislando a veces una raza pura de alto valor. Conocidas variedades de trigos y centeno han sido obtenidas por este método.

Claro está, que esta forma de mejoramiento no es un método que descansa en una base científica; es un método empírico, cuyos resultados sólo pueden obtenerse al cabo de muchos años.

288. **Selección genealógica o individual.**—Su estudio requiere un previo repaso de algunas teorías sobre la herencia, base científica de esta mejora.

La herencia.—Su definición ha sido dada por múltiples biólogos en otras tantas formas. Nosotros aceptaremos aquella que

(1) Los excelentes **textos elementales** de Agricultura de los Profesores Bailey, Mann, Warren y Davis tratan extensamente este particular.

establece “que la herencia es la teoría biológica según la cual “los hijos, y a menudo las generaciones sucesivas, se asemejan “más o menos a su padres, a sus progenitores; esto es, que las “buenas cualidades y los defectos tanto físicos como fisiológicos, “intelectuales y morales de los padres, se transmiten, en un grado “más o menos elevado, a su progenitura”

Por la ley hereditaria todos los animales, y lo mismo las plantas, reciben de sus ancestrales ciertos caracteres, formas y cualidades.

El “**like produces like**” de los ingleses, o sea que el **semejante produce su semejante**, es un hecho cierto en todos los seres organizados; en todos los seres vivos.

Sin embargo, esta ley por virtud de la cual lo mismo se transmiten los caracteres deseables, que los indeseables, no es absoluta; está sujeta a **variaciones** debidas al medio o a otras causas que veremos.

289. **La línea pura de Johannsen** ⁽¹⁾ (Pedigree).—La **línea** es el conjunto de todas las plantas que provienen de un sólo grano inicial, es decir, de una misma planta madre, sin que importe la generación o el estado de multiplicación en que se encuentre, a condición, sin embargo, de que en el curso de estas diversas generaciones, ninguna mezcla de individuos provenientes de otras plantas madres sea introducida aquí; mezcla que pudiera ocurrir por un accidente, por cruzamiento artificial o espontáneo, o también por una variación brusca.

Una **línea** será **pura**, si la planta madre, punto de partida de estas generaciones es, hereditariamente hablando, pura, es decir, el producto de la fusión de dos células sexuales idénticas. Esta condición generalmente se llena en la autofecundación normal, es decir, en plantas como la avena, habichuela, guisantes, donde el óvulo es, en la gran mayoría de los casos, fecundado por el polen proveniente de los órganos machos de la misma flor.

Esta autofecundación, que se repite en cada generación, fusiona los elementos sexuales de valor hereditario constantemente idénticos, dando nacimiento a granos que encierran todos los caracteres distintivos de la planta madre original.

(1) Johannsen, célebre botánico danés.

Johannsen, y después un gran número de biólogos, han probado por medio de ensayos concluyentes, efectuados sobre plantas autofecundadas, que una **línea pura** constituye, lo mismo que la especie linneana, o como la pequeña especie elemental de Jordan ⁽¹⁾, una entidad definitiva, un conjunto en adelante inmutable, que permanece pura, es decir, sin ingerencia extraña. Esta teoría es la base de la mejora individual.

290. **Efectos de la selección.**—Practicada juiciosamente y de una manera continua, y sostenida por un cultivo cuidadoso y con abundantes abonos, la selección tiene por efecto:

- a) Economía de la simiente, asegurando una germinación más regular de la misma.
- b) Acelerar el desarrollo de las plantas, y dotar a los sembreros de una mayor resistencia contra las bajas temperaturas.
- c) Utilización más perfecta de los abonos y las reservas del suelo, elevar los rendimientos y la calidad de las cosechas; y
- d) Conservar a las variedades los caracteres que les son propios, impidiendo su degeneración.

291. **Segunda categoría. Hibridación artificial.**—La mejora individual que acabamos de bosquejar, es un método relativa-

(1) **Agrupamiento de las plantas. Especies.**—Las plantas, como todos los seres vivos, se clasifican en **especies linneanas** y **especies elementales o jordanianas**.

La **especie linneana**, es un grupo sistemático de seres vivos determinados por la constancia hereditaria de **uno o varios caracteres** suficientemente importantes, y **comunes a todos los individuos del grupo**.

En la especie linneana se encuentran la **variedad** y la **raza**, que comprenden individuos cuya fisonomía difiere de la especie por un carácter hereditario **poco importante**.

La **especie elemental o jordaniana**.—Denominada así por su creador, el célebre botánico francés Jordan. Es una subdivisión de la especie linneana, agrupando un conjunto de individuos, diferentes de los individuos vecinos por caracteres hereditarios. Jordan demostró por ensayos de cultivos múltiples y cuidadosos que la especie linneana “*Draba Verna*” (*) se descomponía en un gran número (más de 200) de especies más elementales que la especie linneana, extendiéndose cada una a un número menos grande de plantas que la especie grande de Linneo, pero teniendo igual derecho a la apelación de especie. Así fundó la teoría de las **pequeñas especies**, denominadas aun **especies elementales**, y que resultan en cierto modo de una dislocación de la especie linneana más completa.

(*) **Draba.**—Planta herbácea de la familia de las crucíferas, de 4 a 5 decímetros de altura. Abunda en los sitios húmedos y se ha empleado en medicina contra el escorbuto.

mente fácil y accesible a todo cultivador progresista, inteligente y consciente. Mediante ella, en tres o cuatro años, se podrán aislar las líneas más meritorias que, después de su multiplicación y ensayos comparativos, suministren una semilla escogida para las necesidades personales del agricultor, o para la venta.

Pero como desgraciadamente el número de las **pequeñas especies**, y dentro de éstas, el número de las líneas no es ilimitado, no todas responden a un perfeccionamiento, ni son prácticamente utilizables en la economía agrícola. Esto ocurre, sobre todo, en las variedades extranjeras, ya sometidas en su país de origen a una mejora prolongada.

En estas condiciones, el agricultor que desee continuar el mejoramiento, aunque ya haya obtenido por el método genealógico o de la línea pura, resultados muy apreciables, tendrá que recurrir a la **creación de nuevas razas y variedades mejoradas**, mediante cruzamientos artificiales racionales. (1)

292. **Las leyes de Mendel** (2) o **leyes de la disyunción matemática de los híbridos**.—Constituyen el origen o fuente más fecunda de las variaciones, visto que ellas se prestan a las modalidades de la experimentación.

El cruzamiento, consiste en fecundar el óvulo de una planta por el polen de otra planta de especie o de variedad diferente.

Mendel operó con plantas de variedades diferentes y puras o fijas, es decir, transmitiendo todos sus caracteres a sus descendientes.

(1) El acto por el cual el polen de una especie, o de una variedad, ha fecundado los óvulos de una especie o de una variedad diferente, constituye la **hibridación**. Los individuos nacidos de granos resultantes de tal fecundación, son denominados generalmente **híbridos**. Sin embargo, hay que hacer una distinción entre los híbridos propiamente dichos y los **mestizos**.

Los híbridos propiamente dichos, resultan de una fecundación cruzada entre dos especies distintas; mientras que los **mestizos** resultan del cruzamiento de dos variedades, o de dos razas de una misma especie.

Además, los mestizos difieren de los híbridos en que sus productos son **casi siempre fecundos**, que los caracteres ancestrales son generalmente **transmisibles**, y que se les puede llegar a conferir la **fijeza** de otros caracteres nuevos.

(2) Edmond Perrie, sabio Director del Museo de Historia Natural de París, sostiene que Charles Naudin, célebre hombre de ciencia francés, fué quien expuso, 10 años antes que Mendel, las leyes relativas a las **variaciones** de las plantas.

Gregor Johann Mendel, monje austriaco, nacido en 1822 y muerto en 1884. Sus trabajos, publicados en 1853 a 1865 pasaron desapercibidos hasta 1900.

El operó diversos tipos de cruzamientos:

- a) Cruzamientos de variedades opuestas unas de otras por un carácter único y obtuvo los **monohíbridos**; y
- b) Cruzando variedades que se diferencian a la vez por varios caracteres, y creó los **polihíbridos**.

Experimentos de Mendel.—Cruzando, por ejemplo, guisantes de tallos largos (que llamaremos L), con guisantes de tallos cortos (que denominaremos C), Mendel obtuvo nada más que guisantes de tallos largos. (Primera generación, que llamaremos F¹). (1)

El experimentador llegó a la conclusión que existen en las plantas sometidas al cruzamiento, **caracteres dominantes** (tallos largos en este caso) y **caracteres recesivos** (tallos cortos).

La segunda generación, (F²), obtenida al abrigo de todo nuevo cruzamiento, por las semillas de todos los granos de F¹ presentó una disociación de los caracteres: 75% de guisantes de tallos largos y 25% de guisantes de tallos cortos.

En la tercera generación, y en las sucesivas, el 25% de guisantes de tallos cortos se reprodujeron, sin variación (variedad pura). El 75% de los de tallos largos sufrió una nueva disociación: una tercera parte (25% del conjunto) dieron una descendencia invariable—de tallos largos—como la de los **recesivos** (variedad pura); los otros dos tercios (50% del conjunto), se disociaron y produjeron 25% de **recesivos** puros (C), 25% de **dominantes** puros (L) y 50% de híbridos.

La siguiente tabla resume los resultados de esta primera serie de cruzamientos:

	Cruzando:				
	L x C		o C x L		
	se obtiene:				
En primera generación (F ¹)	L				
En segunda generación (F ²)	puro	híbridos		puro	
	C	L	L	L	
En tercera generación (F ³)	C	C	L	L	L
	puro	puro	híbr.	puro	puro

y así sucesivamente.

(1) Es decir, que obtuvo los monohíbridos.

La ley matemática, es que cada carácter se separa en una cuarta parte de la progenie en cada una de estas generaciones, y después permanece puro. Concisamente se puede expresar:

$$1 L : 2 CL : 1 C.$$

293. Relación entre el método de la línea pura y la mejora por hibridación.—Normalmente, la selección por separación de **líneas puras** (pedigree), debe preceder a la mejora por hibridación.

Las **líneas puras** que se hayan podido aislar con éxito por el método genealógico explicado en esta lección, generalmente encierran cualidades apreciables con algunos defectos que disminuyen su valor. Seleccionando juiciosamente, sin perder de vista la finalidad que nos propongamos alcanzar, dos líneas cuyas cualidades buenas y sus defectos se compensen recíprocamente, se toman de cada una de ellas algunos buenos genitores. Cruzándolos entre ellos aparecerán, entre la multiplicidad de formas de la segunda generación, por disyunción mendeliana, los nuevos tipos buscados.

Las razas que deben suministrar los individuos a cruzar, deberán ser genéticamente puros, es decir, fijos, estables, a fin de obtener una primera generación de híbridos homogénea, que suministre un F^2 donde el conjunto normal de las disyunciones pueda aparecer. Además, para que en la creación de nuevas razas no haya necesidad de largos tanteos o pruebas, y decepciones que desanimen, es necesario también conocer a fondo las diversas cualidades fisiológicas de los genitores, a fin de que se puedan hacer los cruzamientos con seguridad en el sentido perseguido. ⁽¹⁾

294. El mejoramiento por mutación o variación brusca.—El nombre de **mutación**, ha sido dado por el genetista holandés De Vries—uno de los redescubridores de las leyes de Mendel—a

(1) La práctica más recomendable, es que una vez obtenida la mejora por hibridación, y por consecuencia las novedades interesantes, se utilice la vía vegetativa (injerto, estaca, etc.) para su propagación.

La técnica general de la hibridación comprende:

- a) el cultivo de las plantas elegidas como genitoras.
- b) castración de las plantas que deben servir de plantas madres, es decir, destinadas a suministrar los granos híbridos; y
- c) recolección del polen e hibridación propiamente dicha (polinización).

variaciones hereditarias ⁽¹⁾ aparecidas bruscamente en una especie, sin causa conocida, apareciendo así diferentes especies de plantas de nuevos caracteres, y en los que las relaciones numéricas no responden a una fórmula mendeliana.

No son raros, pues, los casos de variaciones bruscas hereditarias en las plantas cultivadas, y todo seleccionador que sepa observar, seguramente que las encontrará en el curso de algunos años de práctica selectiva, de tal modo, que muchas variedades de gran mérito deben su existencia a las **mutaciones**.

Aunque ello no debe llevar al seleccionador a preocuparse exclusivamente por la búsqueda de tales variaciones; porque su relativa rareza, y el hecho de que toda **mutación** no corresponde siempre a una mejora práctica, no justificaría tal preocupación. Tampoco significa esto que, sistemáticamente, se abandone el estudio a que deben someterse las variaciones bruscas, que se manifiesten en el interior de una línea pura. Para eso, sería suficiente hacer de cada planta donde se haya producido, una **planta madre**, cabeza de línea, y estudiar su evolución en el curso de 2 o 3 generaciones; así se podrá saber si se trata de un cruzamiento natural o de una verdadera mutación y, en este último caso, si ella constituye, o no, algo verdaderamente interesante, desde el punto de vista del mejoramiento. ⁽²⁾

(1) Otros estiman que las plantas no tienen ese poder de transmisión.

(2) Entre los estudios realizados modernamente para la creación de nuevas variedades de fruta, merece citarse el del Profesor Alberto Pirovano, para obtener lo que él llama **mutación eléctrica de las especies vegetales**. El método fundamentalmente, consiste en la aplicación de la electricidad como estimulante para provocar las variaciones sensoriales o monstruosas; para ello somete al polen, en diversas formas, a particulares acciones eléctricas que alteran su constitución.

Véase: "La mutazione elettrica delle specie botaniche e la disciplina dell'eredità nell'ibridazione".

CAPITULO XVIII

NOCIONES DE METEOROLOGIA AGRICOLA

295. **Definición.**—La Meteorología es la ciencia que estudia el estado de la atmósfera, sus cambios, y las causas que los modifican.

296. **La atmósfera terrestre.**—La atmósfera es la capa de aire que rodea a la tierra, y que la acompaña en sus movimientos de rotación y traslación.

Esta envoltura gaseosa está compuesta principalmente por el aire. El aire es una mezcla mecánica de nitrógeno, oxígeno, pequeñas cantidades de anhídrido carbónico, conjuntamente con el argón, y trazas de otras sustancias químicas. Esto es lo que constituye el llamado **aire seco**.

La atmósfera contiene además vapor de agua en cantidad variable, alrededor del 5% de la cantidad del aire seco.

Los químicos han encontrado que 100 volúmenes de aire seco contienen:

Nitrógeno	78.08
Oxígeno	20.95
Argón	0.93
Anhídrido carbónico	0.03

297. **Impurezas microscópicas del aire atmosférico.**—El aire contiene pequeñas partículas materiales, que pueden ser de naturaleza inorgánica y orgánica. La existencia de estas partículas, se pone de manifiesto cuando se observa un rayo de sol que penetra, por una pequeña abertura, en una habitación oscura: se ven agitarse en todos sentidos, sobre el trayecto del rayo, millares de partículas muy ténues.

El polvo inorgánico está constituido principalmente por partículas de sílice, yeso, carbón, etc., ofreciendo relativamente poco interés.

Las partículas orgánicas son más importantes. Entre ellas fi-

guran, en efecto, los granos de polen y, como lo ha demostrado el ilustre Pasteur, los gérmenes de los microbios beneficiosos o nocivos. Estos corpúsculos organizados provienen del suelo donde pululan, y del que son levantados por el viento.

298. **Elementos meteorológicos.**—La condición de la atmósfera estará representada, en cualquier lugar, por los siguientes elementos:

- 1.—La temperatura del aire.
- 2.—La presión del aire.
- 3.—La humedad.
- 4.—La precipitación, o sea la cantidad de agua caída.
- 5.—La evaporación, o sea la cantidad de agua que el aire toma de la superficie terrestre.
- 6.—El viento, o sea el movimiento del aire.
- 7.—Las nubes, o sea el estado de oscuridad del cielo.
- 8.—La electricidad y condiciones ópticas del aire.

299. **Cómo varían estos elementos.**—La observación de estos 8 elementos, nos demuestra que ellos varían constantemente. Estas variaciones pueden ser **regulares** o **periódicas**, y **accidentales** o **irregulares**.

300. **Cómo se observan los elementos meteorológicos.**—Los instrumentos que sirven para hacer las observaciones meteorológicas pueden ser: ⁽¹⁾

- a) Instrumentos para ser utilizados por observación directa de las condiciones meteorológicas; y
- b) Instrumentos que automáticamente registran, por medios mecánicos o fotográficos, las condiciones.

TEMPERATURA

302. **Necesidad de conocerla.**—En Meteorología, es imprescindible el conocimiento de la temperatura que reine sobre la superficie terrestre, y cerca de ella.

303. **Calor solar y terrestre.**—Por su procedencia, el calor puede ser: **calor solar** y **calor terrestre**, según proceda del sol

(1) La limitación de esta obra nos obliga a prescindir del estudio, o repaso, de aquellos principios y aparatos, que corresponden a los programas de Física, Química, u otras disciplinas.

o del interior de la tierra. La acción combinada de ambos calores, es la que se mide cuando se determina la temperatura del aire.

El **calor solar**, es el de mayor importancia en Meteorología, y sostiene la vida vegetal y animal.

304. **Observaciones de la temperatura.**—La observación de la temperatura del aire por medio del termómetro debe ser hecha a la sombra y a unos 2 metros, como **mínimum**, sobre un suelo cubierto de cesped, que refleja poco la radiación solar.

305. **Variaciones de la temperatura.**—La relativa posición de la tierra y del sol, y otras circunstancias locales, son la causa de la **variación diurna** y de la **variación anual** de la temperatura.

El sol, en su curso **diario**, debido a la **rotación** de la tierra, da lugar a fluctuaciones **diurnas**. En su curso anual, debido a la **revolución** de la tierra, combinada con la inclinación del eje terrestre, motiva cambios graduales en la temperatura, que la hacen fluctuar por estaciones.

306. **Variaciones diurnas.**—Pueden ser **regulares** e **irregulares**.

Variaciones regulares.—A la salida del sol, hay un aumento gradual en la temperatura, que es simultáneo con el aumento de altitud del sol, hasta que se alcanza el **máximum** de temperatura, que viene a ser aproximadamente cuando el sol alcanza también su **máxima** altitud en el cielo. A partir de este momento, con el decrecimiento de la altitud solar, la temperatura también decrece, casi hasta el tiempo en que el sol sale nuevamente, para repetir el curso del día anterior. Hay, por lo tanto, un sólo **máximum** y un solo **mínimum**, de temperatura durante las 24 horas.

El **máximum** se alcanza, como hemos dicho, después que el sol ha llegado a su mayor altitud, es decir, cuando la cantidad de calor perdida por la tierra, por radiación, es igual a la cantidad recibida del sol. Esto ocurre alrededor de la 1 p. m., sobre el mar, y de 3 a 4 p. m., sobre la tierra.

El **mínimum**, o la temperatura más baja, ocurre exactamente algunos minutos antes de la salida del sol, sobre la tierra, y un poco antes sobre el mar.

Variaciones irregulares.—Son debidas a causas accidentales, como interposición de nubes delante del sol, movimiento de las masas de aire, etc.

307. **Variación anual.**—Como hemos esbozado anteriormente, la inclinación del eje terrestre, causa una diferencia en la longitud de los días y las noches y una variación en la intensidad de los rayos solares en los puntos de la superficie, cuando la tierra ocupa diferentes partes de su órbita, en su movimiento alrededor del sol.

La variación anual de la temperatura está regulada, en líneas generales, por la latitud geográfica y, además, por las condiciones topográficas.

En los trópicos, la variación anual de la temperatura es pequeña, porque la duración del día, lo mismo que la altura del sol, varía poco en el curso del año.

308. **Representación gráfica.**—Para comparar las temperaturas de lugares diferentes, se inscriben sus valores sobre un mapa, uniéndose los puntos o estaciones que tienen la misma temperatura por medio de una línea.

Una **línea isoterma**, o simplemente **una isoterma**, es una línea donde cada punto tiene la misma temperatura. El conjunto de estas isotermas, constituye una carta o mapa isoterma. Una **superficie isoterma** es una superficie donde cada punto tiene la misma temperatura.

Las cartas isotermas pueden ser mensuales, anuales, etc.

Como la temperatura disminuye generalmente con la altitud, hay que hacer una corrección cuando se van a comparar observaciones hechas en estaciones de distinta altitud, a fin de reducir las al nivel del mar.

309. **Actinómetros.**—Son aparatos que permiten medir, en valor absoluto la cantidad de calor que la tierra recibe del sol.

PRESION ATMOSFERICA

310. **Cómo se ejerce.**—El aire atmosférico, obedeciendo a las leyes de los gases, ejerce su presión en todas direcciones, variando esta presión con la densidad del aire. La presión del aire, al nivel del mar, es de 15 libras por pulgada cuadrada de la superficie contra la cual se ejerce.

La presión del aire decrece con el aumento de altitud, porque a medida que se asciende, es menor la masa de aire que queda por encima del punto considerado.

311. **Como se mide la presión.**—La fuerza elástica del aire, que es igual a la presión que soporta, es decir, a la **presión barométrica** o **atmosférica**, se mide con ayuda del barómetro de mercurio, o el barómetro aneroide.

La **presión barométrica**, podría ser prácticamente la misma en todos los lugares que tengan una altitud común sobre el nivel del mar, si no existiera la influencia perturbadora del calor solar, y los movimientos del aire, causados por su desigual calentamiento en los diferentes puntos del globo.

312. **Observación y variaciones de la presión atmosférica.**—Debido a su costo, complejidad y frágil construcción de los barómetros, las observaciones de la presión atmosférica del aire no son tan frecuentes como las de la temperatura.

Sin embargo, las observaciones realizadas permiten conocer las variaciones de la presión atmosférica en los principales puntos del globo.

La observación local de dicha presión, es decir, por lugares aislados, ha demostrado la existencia de un **cambio diurno** y **otro anual**, similar, aunque menos marcados, a los que encontramos para la temperatura.

313. **Cambio diurno.**—No culmina como en la temperatura, en un sólo máximo y en un sólo mínimo, sino que hay dos máximas y dos mínimas.

En general, la mínima ocurre alrededor de las 4 a. m. y 4 p. m.; la máxima, a las 10 a. m., y 10 p. m., próximamente. El máximo de la mañana es más elevado que el de la noche, y el mínimo del mediodía más bajo que el de la madrugada.

314. **Cambio anual.**—El cambio en el promedio de presión de un mes a otro, presenta variadas características en diferentes lugares de la tierra. En los continentes, a bajas altitudes, hay un máximo de presión del aire en invierno y un mínimo en verano. Sobre el océano, por el contrario, la presión del aire es mayor en el verano y menor en el invierno; ocurriendo lo mismo para la presión del aire en altitudes superiores.

315. **Variaciones o cambios irregulares.**—Son aquellas oscilaciones, no periódicas, que ocurren más o menos, de tiempo en tiempo, y que no pertenecen a los cambios diurnos o anuales, que son regulares. Las variaciones irregulares, son tanto mayores, cuanto más nos separemos del Ecuador; mientras que en las regiones intertropicales, no tienen importancia, más que cuando pasan los ciclones, en las regiones templadas se producen frecuentemente.

Las variaciones regulares, son fáciles de observar en las regiones ecuatoriales, donde las variaciones accidentales son, como dejamos indicado, muy raras; en las regiones templadas, o frías, las **variaciones diurnas** se alteran frecuentemente por las variaciones accidentales.

316. **Representación gráfica de la presión.**—El estudio de la distribución de las presiones en la superficie terrestre, se hace por los medios siguientes:

- a) **Líneas isobáricas, o líneas de igual presión,** llamadas también simplemente **isobaras.** Son líneas que se trazan sobre un mapa uniendo todos los puntos en que la presión atmosférica, referida al nivel del mar, es la misma.
- b) **Superficie isobárica.**—Se denomina así, a la superficie formada por todos los puntos de la atmósfera que tienen, en un mismo momento, la misma presión.

Claro está que si la atmósfera estuviera en completo reposo, y la temperatura fuera igual por la misma altitud, las superficies isobaras serían planos horizontales, o mejor dicho, esferas concéntricas con la esfera terrestre; pero como la realidad es que ese reposo no existe, y la temperatura en su distribución tampoco es regular, las superficies isobaras no son esferas concéntricas, alejándose más de esta forma, cuanto más agitada esté la atmósfera y la temperatura esté más irregularmente distribuída.

VIENTOS

317 **Definición.**—El viento es el aire puesto en movimiento por un cambio en el equilibrio de la atmósfera.

La causa principal de los vientos, reside en las diferencias de temperaturas, que ocasionan una desigualdad de la presión atmosférica en la superficie del globo.

Cuando dos regiones, próximas a la atmósfera, están a temperaturas desiguales, se produce entre ellas una doble corriente aérea: una corriente, de aire superior, de la región caliente a la región fría, y una corriente, de aire inferior, de la región fría a la región caliente. Cuando una causa cualquiera mantiene la diferencia de temperatura, la circulación resultará permanente.

Mientras que este movimiento persista, la presión es más baja que la media, en la región donde el aire se **derrama**, es decir, en la región caliente, y más alta que la media, en la región fría.

318. **Observación de los vientos.**—La observación de los vientos comprende dos elementos esenciales y distintos: **dirección** e **intensidad**.

La dirección.—

- a) **Se expresa**, atendiendo al lado del horizonte por donde viene el viento, por medio de los puntos cardinales (rosa de los vientos).
- b) **Se observa**, por las veletas. La veleta más sencilla puede ser una ligera cinta amarrada en la extremidad de un palo.

La intensidad.—Es la rapidez con que se mueve el aire a través de un punto fijo, o bien la rapidez con que cubre la distancia conocida entre dos puntos. El instrumento que se emplea para medir la velocidad del viento es el **anemómetro**.

La velocidad del viento se evalúa también a ojo, según una escala convencional llamada escala terrestre. ⁽¹⁾

319. **Aumento de la velocidad del viento con la altitud.**—La velocidad del viento aumenta, aunque no en una forma regular, con la altitud. Este aumento es muy rápido entre los primeros 50 o 60 metros; por encima de esto, el aumento es lento y muy variable.

(1) **Escala terrestre:**

	Metros por segundo		
0.—Calma ...	De	0 a 1	Insensible a la cara.
1.—Débil	„	1 a 4	Agita las hojas pequeñas.
2.—Moderado ...	„	4 a 8	Mueve las ramas pequeñas.
3.—Algo fuerte	„	8 a 12	Mueve las ramas gruesas.
4.—Fuerte ..	„	12 a 16	Mueve troncos delgados.
5.—Violento	„	16 a 25	Rompe las ramas.
6.—Temporal ..	„	25 y más	Arranca los árboles.

320. **Variaciones.**—El viento presenta variaciones **diurnas y anuales**, por lo que se refiere a su velocidad y a su dirección. La variación diurna de la velocidad, que es la más importante, nos indica que la velocidad media del viento, próximo al suelo, es mayor durante el día, que durante la noche; siendo más notable esta variación en verano que en invierno, y en los días de cielo despejado, que en los cubiertos.

321. **Clasificación de los vientos.**—Los vientos de que trataremos al estudiar la circulación general de la atmósfera se agrupan como sigue:

Vientos constantes: (regulares): alisios y contraalisios.

Vientos periódicos: monzones y brisas.

Vientos irregulares.

HUMEDAD

322. **Humedad del aire.**—El constante intercambio de agua entre el aire y la superficie terrestre, constituye un ciclo, que puede ser estudiado bajo estos tres aspectos:

a) **Higrometría del aire.**—Considera la humedad tal como existe en la atmósfera, en forma de vapor invisible y de nubes.

b) **Precipitación.**—Estudia la condensación del vapor de agua, y su caída a la tierra, en forma de lluvia, granizo y nieve; y

c) **Evaporación.**—Estudia el paso de la humedad, nuevamente, de la tierra al aire.

La humedad existe en una forma visible o invisible. El cambio de una a otra forma, depende principalmente de las condiciones de la temperatura. Para una temperatura dada, solamente una cierta cantidad máxima de humedad puede existir en forma de vapor. Cuando esta temperatura tiene una baja, ocurre la saturación, y mediante una nueva baja, se condensa la humedad, y se hace visible.

323. **La humedad atmosférica en forma de vapor.**—La cantidad de humedad en el aire, existente en forma de vapor, puede variar desde cero hasta la saturación. Estas dos condiciones

extremas, se toman como puntos extremos, para una escala que permite medir el grado de humedad del aire.

La temperatura es el factor más importante en la determinación de la cantidad de humedad. En general, la cantidad máxima, posible, de humedad, disminuye cuando decrece la temperatura.

324. **Cómo se mide la humedad atmosférica.**—La determinación de la humedad atmosférica se puede hacer:

- a) Por el **psicrómetro** (determinando la temperatura de evaporación).
- b) Por los cambios de longitud de ciertas sustancias animales y vegetales (**higrómetro de cabello**).
- c) Por observación de ciertos aspectos del cielo.

Cuando se estudia la humedad atmosférica hay que considerar:

- a) La **humedad absoluta**.
- b) La **humedad relativa**.
- c) El **punto de rocío**.

325. **La humedad atmosférica en forma de nubes y nieblas.**—La condensación del vapor de agua, existente en la atmósfera, puede ocurrir por tres medios a saber:

- a) Directamente. (Por radiación, o por el paso del aire de una región caliente a una región más fría).
- b) Por expansión; y
- c) Por mezcla, con una masa de aire más frío.

326. **Nubes y nieblas.**—Cuando el agua resultante de la condensación del vapor de agua, forma numerosas gotitas microscópicas, que la resistencia del aire mantiene en suspensión aparente en la atmósfera, su reunión o conjunto, constituyen las **nubes y nieblas**.

327. **Clasificación de las nubes.**—La clasificación actual de las nubes fué adoptada en 1891 por la Conferencia Internacional de Meteorología de Munich, y deriva de la clasificación primitiva propuesta por Howard en 1803.

La clasificación de Howard tenía cuatro tipos principales a saber: **cirros, cúmulos, estratos y nimbos**. Veamos como se caracteriza cada uno de esos grupos principales:

Cirros.—Nubes formadas de tenues filamentos blancos. De formas variadas: grupos aislados, enrarecidos y transparentes,

329. **Dirección de las nubes.**—La dirección de las nubes, es una observación importante, que no se debe hacer a simple vista, porque los efectos de perspectiva pueden inducir a errores notables. El instrumento más sencillo que se usa con ese objeto es el **espejo de nubes** o **nefoscopio**, que consiste en un espejo negro circular, en el cual se refleja la imagen de la nube, sin que el ojo sea deslumbrado por la luz.

330. **Nebulosidad.**—Con independencia de sus formas, la frecuencia relativa de las nubes, es un dato importante que hay que considerar al estudiar las condiciones climatéricas.

Estas condiciones climatéricas serán diferentes, para el mismo lugar, según que el cielo esté cubierto o despejado. Por esta razón, la frecuencia relativa de las nubes hay que tenerla en cuenta en las observaciones meteorológicas.

El **grado de nebulosidad**, o simplemente la **nebulosidad**, es la fracción del cielo, que en un momento dado, está cubierto por las nubes, cualquiera que sea su naturaleza. La escala que sirve para medir esta nebulosidad es de 0 a 10.

A un cielo completamente despejado, le correspondería 0, y a un cielo completamente cubierto, 10.

El **heliógrafo** de Campbell, es uno de los aparatos más sencillos que sirve para registrar la duración de la insolación, es decir, el tiempo durante el cual el sol ha brillado realmente.

331. **Variación de la nebulosidad.**—Presenta una variación diurna, semejante a la de la temperatura, con máximo hacia el mediodía. Sobre el mar, esta variación es casi inapreciable.

En cuanto a la variación anual, es muy irregular. En los trópicos, la estación de las lluvias parece ser la estación de las nubes.

332. **Nieblas.**—Lo único que distingue las nieblas y las nubes, es la diferencia de nivel que ocupan en la atmósfera; las nieblas se forman por la condensación del vapor de agua al nivel del suelo, y las nubes a una altura más elevada. Su constitución íntima es idéntica.

333. **Precipitaciones.**—Cuando la humedad contenida en la atmósfera se condensa, bajo la forma de gotitas de agua, o de cristales de nieve bastante gruesos para caer sobre el suelo, se

dice que hay **precipitación**. Según las condiciones bajo las cuales esa condensación ocurre, la humedad toma la forma de lluvia, nieve, granizo, escarcha, rocío.

334. **Lluvia**.—Aquí ocurre la precipitación bajo la forma de gotitas de agua. Es un fenómeno intermitente muy común, y de tanta importancia como la temperatura, por sus efectos sobre la vida animal y vegetal. Por eso es necesario observar la cantidad de lluvia caída, su frecuencia y su duración.

335. **Causa de las lluvias**.—De las tres causas que hemos indicado como capaces de producir la condensación del vapor de agua existente en la atmósfera, la lluvia debe su origen, casi exclusivamente, al descenso producido en la temperatura por la **expansión** que acompaña a los movimientos ascendentes del aire.

Estos movimientos ascendentes pueden ser:

- a) Movimiento convectivo del aire caldeado al contacto del suelo, elevándose verticalmente hasta que llega a alturas en que, enfriándose por expansión, se condensa y dá lugar a la **lluvia convectiva**.
- b) Movimiento ascendente, que toma una corriente de aire horizontal cuando encuentra un relieve orográfico importante, que la hace llegar hasta una altitud necesaria para el enfriamiento de condensación, dando nacimiento a la **lluvia orográfica o de relieve**; y
- c) Aspiración, o succión central, de los movimientos ciclónicos, que eleva el aire, hasta enfriarse lo suficiente, para que su temperatura sea inferior a la saturación, dando lugar a la **lluvia ciclónica**.

336. **Las partículas de agua**.—Cuando el vapor es arrastrado por las corrientes ascendentes, se enfría por expansión, y si el enfriamiento es suficiente, el vapor se condensa en visibles partículas de agua. Aitken, ha encontrado que la condensación en partículas no puede tener lugar sin un **núcleo**, que generalmente es el polvo fino del aire; aunque, modernamente, se considera que los electrones o iones, pueden ser ese **núcleo**.

Sin dicho núcleo, como la sobresaturación también es posible, cuando la condensación se verifica, comienza la caída de agua en forma de cortina.

Ahora bien: como siempre existe el polvo fino, o sea un núcleo abundante, la sobresaturación y condensación sin núcleo alguno, solamente tiene un interés teórico.

337. **La cantidad de lluvia.**—Es medida por el grueso de la capa de agua caída, expresándose en milímetros o en pulgadas. El aparato que sirve para este fin es el pluviómetro.

338. **La lluvia en Cuba.**—Con excepción de ciertas localidades de Oriente, donde la influencia de las altitudes montañosas es manifiesta, la lluvia es regularmente distribuída sobre la Isla.

Por término general, la época de las lluvias comienza en Mayo y termina en Octubre.

La cantidad de agua caída anualmente, en toda la Isla es, como promedio, 54 pulgadas, distribuídas como sigue: Pinar del Río 67, Habana 53, Matanzas 57, Santa Clara 54, Camagüey 48, Oriente 46.

339. **Rocío.**—Proviene de la condensación de la humedad del aire sobre la superficie de los cuerpos, enfriados por radiación nocturna. ⁽¹⁾

A veces, se ha confundido el rocío con el **sereno**, que es una lluvia sin nubes.

Influencia sobre la vegetación.—Aunque nunca compensa la cantidad total de agua que ellos evaporan, el rocío, sin embargo, proporciona una pequeña cantidad de dicho líquido a los vegetales, particularmente en la época de la sequía.

Esa humedad que se deposita en las hojas, si bien no parece posible que el vegetal la absorba directamente, por lo menos evita la evaporación de la savia que puede, por lo tanto, depositarse en los vasos. De ahí, que las plantas que aparecen marchitas por la tarde resulten frescas y vigorosas por la mañana.

340. **Escarcha.**—Por lo que respecta a su formación, la escarcha es idéntica al **rocío**; diferenciándose solamente en que,

(1) Muchos autores tratan el **rocío** y la **escarcha** al hablar de las formas de condensación, es decir, conjuntamente con las nubes y la niebla. De todos modos, estimamos que lo esencial es dejar bien aclarado el concepto de que tanto el rocío, como la escarcha, no **caen** de las nubes, sino que **se forman** en los lugares en que aparecen.

(V.—Massip: Geografía Física).

en este caso, el enfriamiento es más intenso, y se produce la solidificación del agua depositada.

Tanto en el caso del rocío, como en el de la escarcha, su formación está influenciada por el estado del cielo, la exposición y el viento.

341. **Nieve.**—Cuando la condensación del vapor de agua atmosférico se produce a una temperatura inferior a 0° , el vapor toma directamente el estado sólido y cristalizado. La nieve está constituida por cristales que pertenecen al sistema cristalográfico exagonal; cada cristal, al caer, se aglomera generalmente a sus vecinos, para formar los **copos** de nieve.

342. **Granizo.**—Está formado por granos compactos de hielo, ordinariamente constituídos por un núcleo rodeado de capas concéntricas de hielo.

Aunque sus formas y dimensiones son variables, lo más frecuente es que tengan la forma esférica u ovoide, y el tamaño de una avellana.

La teoría más moderna sobre la formación del granizo, admite que las goticas de agua al ser arrastradas hacia la parte superior de una nube, por la acción de una corriente ascendente muy rápida, se congelan por el intenso frío; caen, o descienden, hacia la base de la nube, de donde nuevamente son arrastradas, en movimiento ascendente, por las corrientes del aire. La repetición de este proceso, hace que llegue un momento en que la gotica de agua, ya congelada y convertida en granizo, y que ha ido engrosando a su paso por las diferentes capas de la nube, sea bastante pesado, para que no pueda arrastrarlo la corriente ascendente, y caiga hacia la tierra.

Este proceso, explica la existencia de las capas concéntricas de que está formado el granizo.

Modernamente, se ha abandonado toda idea que haga intervenir la electricidad en la formación del granizo.

PRINCIPALES FENOMENOS ELECTRICOS DE LA ATMOSFERA

343. **Su origen.**—El origen de la electricidad atmosférica se debe a fenómenos de ionización ⁽¹⁾ La atmósfera posee una ligera conductibilidad y por consiguiente, como todos los gases que tienen esta propiedad, contendrá siempre partículas pequeñísimas eléctricas, positivas y negativas, que se llaman **iones**.

Los iones son átomos, o partículas, extremadamente pequeñas, que poseen una carga eléctrica propia.

La explicación de la ionización del aire se atribuye a las sustancias radioactivas que encierra el suelo, y a la acción de las radiaciones ultravioletas de la luz solar.

Sea cual fuere la causa, sin embargo, es un hecho evidente que existen ciertos fenómenos, capaces de desarrollar constantemente nuevas cantidades de electricidad, que se encuentran repartidas en la superficie del suelo, o en la masa de la atmósfera, y por consiguiente permiten explicar la electrificación de las nubes. La carga eléctrica de las nubes, negativa o positiva, según las circunstancias, puede llegar a ser enorme, y por consiguiente, con potenciales muy diferentes.

344. **Rayo.**—Cuando en una nube se ha acumulado gran cantidad de electricidad, haciendo que la tensión entre la tierra y la nube, o entre dos nubes diferentes, sea muy grande, la electricidad llega a vencer la resistencia del aire, produciendo la descarga disruptiva que origina el rayo. ⁽²⁾

MOVIMIENTOS GENERALES DE LA ATMOSFERA

345. **Circulación general y vientos que estudia.**—En la circulación general de la atmósfera, estudiamos los vientos constantes que soplan en el hemisferio Norte y en el hemisferio Sur, o sea desde el Ecuador hacia los polos.

En el hemisferio Norte, y en la región comprendida casi

(1) Las experiencias que se han realizado para demostrar que la evaporación es un origen de la electricidad, han sido contradictorias, y moderadamente no se le concede importancia a esa hipótesis.

(2) En la lección correspondiente, al estudiar los “efectos agrícolas de ciertos fenómenos meteorológicos”, veremos la influencia de la electricidad sobre la vegetación.

desde el Ecuador hasta próximo al trópico, la dirección de los vientos, en las regiones bajas de la atmósfera, es principalmente del Este o Nordeste; más allá del trópico, hasta las regiones polares, la dirección del viento que prevalece es del Oeste o Sud-oeste.

En el hemisferio Sur, la dirección del viento es al revés: las corrientes bajas que prevalecen, son del Sudeste, en la zona comprendida entre el trópico de Capricornio y el Ecuador; más allá del trópico, son del Noroeste.

En la **región de las calmas**, o sea entre los trópicos y el Ecuador, no existe ninguna dirección que prevalezca.

346. **Causas de la circulación general de la atmósfera.**—Son las diferencias enormes, aunque no constantes, de temperaturas, existentes entre la región ecuatorial y la polar, y el movimiento de rotación diurna de la tierra, que afectan poderosamente al movimiento general del aire.

347. **Vientos alisios.**—Vientos uniformes, que desempeñan un papel muy importante en la circulación general de la atmósfera. Son vientos bajos, que soplan entre la región ecuatorial **de las calmas** y la zona tropical de alta presión atmosférica.

Soplan del Nordeste, en el hemisferio Norte, hacia el Ecuador; y del Sudeste, hacia el Ecuador, en el hemisferio Sur. Son vientos extremadamente regulares, que no alcanzan grandes velocidades. (Unos 8 metros por segundo).

El límite común de los alisios, de los dos hemisferios, es la llamada **región de las calmas ecuatoriales**. Esta región, situada ligeramente un poco al Norte del Ecuador terrestre, tiene pequeñas variaciones con las estaciones y también con la longitud. Aquí la atmósfera está poco agitada por los vientos. Abundantes precipitaciones ocurren, provocadas por las masas de aire, que al ser arrastradas a esta región por los alisios, se elevan en ella, bajo la influencia de los rayos solares, hasta las regiones frías de la atmósfera, para dar lugar a la formación abundante de nubes y de lluvias.

348. **Contra alisios.**—El calor solar, en las regiones elevadas de la atmósfera intertropical, produce un máximo de presión, que desarrolla una corriente de aire que sopla del Ecuador hacia

los polos. Son vientos que soplan en dirección opuesta a los alisios, siendo insensibles al nivel del suelo.

349. **Monzones.**—Son originados por la oscilación térmica anual, que provoca diferencias locales de importancia en la circulación general.

Las altas presiones que reinan en los continentes en invierno, y las bajas en verano, provocan un cambio alternativo de vientos de la tierra y del mar, que determina modificaciones esenciales en el carácter del clima, lluvia, nubes, etc. Aunque estas variaciones son características y se manifiestan con más intensidad en el océano Indico, es un fenómeno muy general en otras partes de la superficie del globo.

350. **Circulación secundaria de la atmósfera.**—La dirección de los vientos que hemos visto en la **circulación general de la atmósfera**, no es continua e ininterrumpida; ocurren constantemente movimientos locales, que cambian la dirección de las corrientes principales.

El estudio pues de la **circulación secundaria de la atmósfera**, comprenderá el examen de las condiciones locales de la circulación, que interrumpen la circulación general, y a veces la variabilidad de los vientos, por limitados períodos de tiempo.

351. **Depresión atmosférica.**—Supongamos una gran superficie húmeda calentada por el Sol: el equilibrio se romperá inmediatamente, y una corriente ascendente arrastrará el aire, que se hace más ligero, hacia las regiones superiores, más frías, donde el vapor se condensa. A su vez, de todos los puntos del horizonte, al nivel del suelo, las masas de aire serán arrastradas por esa corriente.

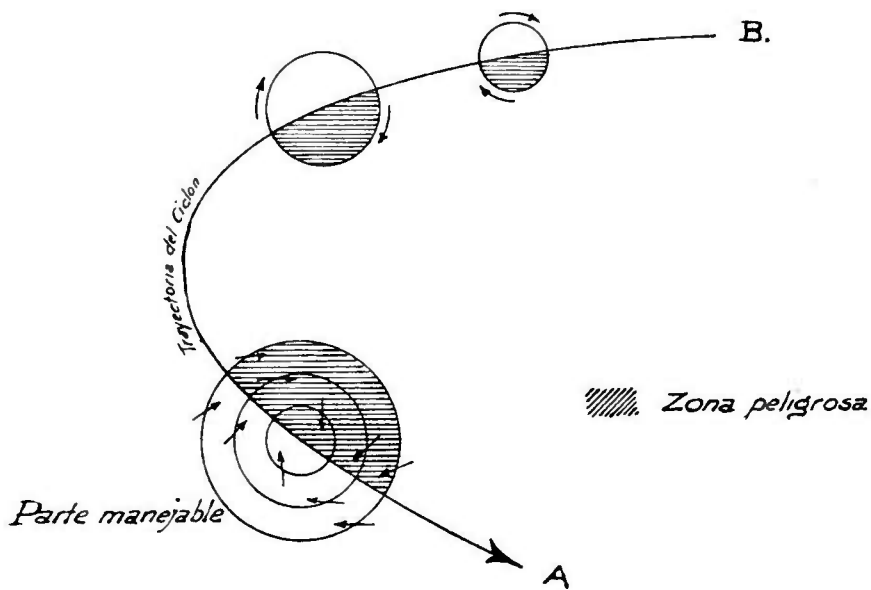
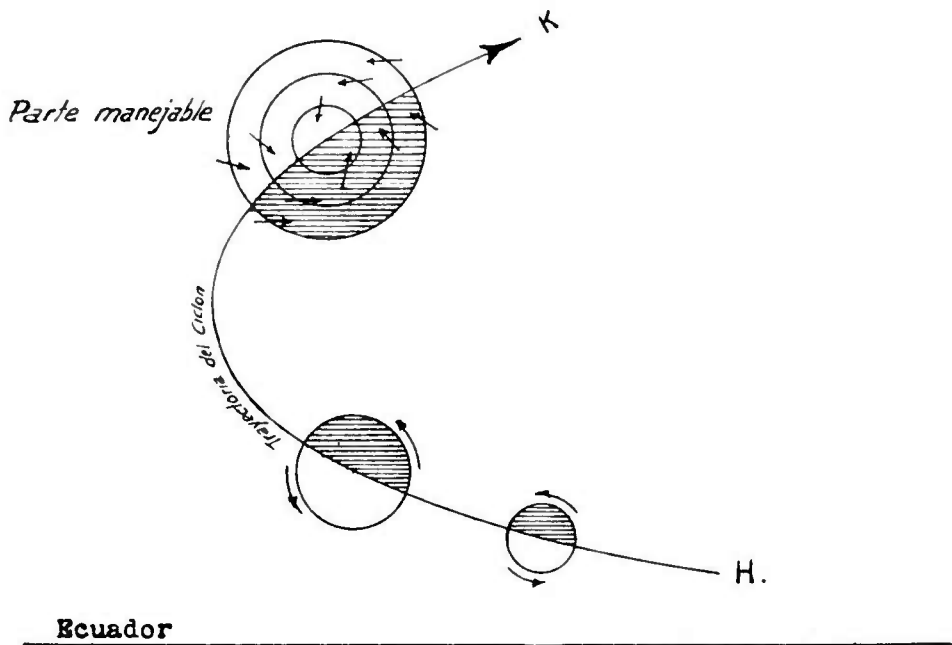
Este fenómeno, en el que hay una baja de la presión atmosférica, con vientos flojos, aunque no giratorios, es lo que se llama una **depresión atmosférica**.

352. **La perturbación.**—Representa a más de una depresión atmosférica, vientos giratorios, sin fuerza ciclónica, esto es, que no pasan de 60 millas por hora ⁽¹⁾, lluvias, etc.

Dirección del viento.—La dirección del viento en las perturbaciones es en forma de **remolino** o **espiral**, verificándose en

(1) Millás.

sentido contrario a la marcha de las agujas del reloj en el hemisferio Norte; mientras que en el hemisferio Sur, se hace en el mismo sentido del movimiento de las agujas del reloj.



Trayectoria de los ciclones.

353. **Ciclón.**—Cuando los vientos pasan de 60 millas por hora y son característicamente giratorios, se denomina **ciclón**. Existe una área de baja presión en el centro del remolino, y el movimiento del aire es de la periferia hacia el centro del remolino.

354. **Anticiclón.**—Es cuando existe una región de alta presión atmosférica al centro del remolino, en cuyo caso el movimiento del aire es hacia afuera, desde el área central.

Próximo al centro del ciclón, existe un movimiento ascendente del aire, mientras que en el anticiclón, hay un movimiento central descendente.

355. **Centro de la depresión.**—La regla de Buys-Ballot, permite encontrar inmediatamente la dirección del centro de la depresión. Haciendo frente al viento, el centro de la depresión, o **vórtice**, estará a la derecha y un poco hacia atrás.

356. **Lado manejable.**—En nuestro hemisferio, estando de frente al viento, el lado **manejable** debe buscarse alejándose del centro y hacia la izquierda.

357. **Las nubes.**—Cuando se aproxima un ciclón la presión barométrica desciende ⁽¹⁾, y los cirros en forma de penachos o en filamentos, parecen emerger de la región que ya bate el temporal. Después, se observan los cirro-estratos, en forma de **velo** blancuzco, que son considerados, como signos precursores de mal tiempo; posteriormente hay una rápida transición de los cirro-estratos a los nimbos, que se presentan en forma espesa, de tal modo que casi ocultan la luz del día, dando lugar a grandes caídas de lluvia y descenso de la temperatura.

358. **Movimiento de traslación.**—El ciclón tiene, además del movimiento en forma de remolino que hemos indicado, otro movimiento de traslación, a moderada velocidad, y en el que describe generalmente la forma de una parábola, o en ocasiones la forma de un lazo. ⁽²⁾

(1) En el huracán de 1926, la mínima fué de 716 milímetros, a las diez y cuarto de la mañana.

(2) “Parece que hay mucho de sugestión en lo de trazar parábolas perfectas para señalar el curso de un huracán. En muchos casos pudiera ser que se aproximara a la sección cónica la trayectoria real. Pero a medida que se tienen mayor número de observaciones con mayor número de barcos que surquen los mares tropicales, va desapareciendo o por lo menos modificándose esa **necesidad** de pintar de todos modos una parábola para representar la marcha del meteoro. Lo natural parece ser la existencia de partes de curvas que por antonomasia podemos llamar ramas parabólicas; la existencia en número reducido de las **casí parábolas**; marchas en línea recta o en curvas cuyo radio de curvatura sea muy grande, y otras curvas que se nos pueden antojar caprichosas y que responden perfectamente a luchas sostenidas por el meteoro en su avance o tendencia de avanzar a regiones de mayor latitud”. (Millás).

359. **Velocidad del viento.**—La velocidad del viento aumenta desde la periferia hasta próximo a la parte central. Esa velocidad puede llegar hasta 55 o 60 metros por segundo. (1)

360. **El vórtice u ojo de la tormenta.**—Es la región central del ciclón, que avanza con el meteoro, y donde hay calma absoluta o solamente muy ligeros movimientos horizontales del aire, presentándose el cielo limpio de nubes, llegando a verse el sol de día y las estrellas de noche (2) Para un punto dado, esta calma dura breve espacio de tiempo, volviendo a soplar el viento, en dirección opuesta, tan pronto como pasa esa región vortical. (3)

361. **Influencia fisiológica.**—La proximidad de un ciclón se deja sentir, además, por influencias fisiológicas; el tiempo se hace pesado y opresivo, causando gran malestar.

362. **El anticiclón y el ciclón.**—El anticiclón es, naturalmente, una consecuencia del ciclón, porque cuando hay una baja de la presión en un lugar, tiene necesariamente que haber un aumento en otro punto.

363. **Donde se originan los ciclones.**—Los ciclones tropicales nacen a unos 8 o 12 grados, a ambos lados del Ecuador, en la **región de las calmas ecuatoriales.**

Los que se desarrollan en el hemisferio Norte (que son los que nos interesan) se mueven hacia el Noroeste, atraviesan la

(1) y (2) “Génesis y evolución del huracán de 1926”. P. Gutiérrez Lanza.

(3) De acuerdo como varíe el viento y la columna barométrica, se puede apreciar, con alguna exactitud, la distancia a que se encuentra el centro.

Si el barómetro baja rápidamente, aumentando la fuerza del viento y conservando casi la misma dirección, el observador estará en la trayectoria del meteoro, o muy cerca de ella. En cambio, si la dirección del viento cambia gradualmente y su velocidad aumenta con lentitud, al mismo tiempo que el barómetro no baja con gran rapidez, el observador estará lejos de la trayectoria.

Teniendo en cuenta el descenso del barómetro, se puede calcular, con alguna aproximación, la distancia del centro de la tormenta.

Descenso por hora:	Distancia del centro:
0.5 mm. a 1.5 mm.	500 a 300 kilómetros.
1.5 ” ” 2 ”	300 ” 200 ”
2 ” ” 3 ”	200 ” 150 ”
3 ” ” 4 ”	150 ” 100 ”

(Rouch).

zona de los alisios en trayectoria que se va inclinando progresivamente hacia el polo, y al llegar a los 20 o 30 grados de latitud, su dirección cambia hacia el Este.

VIENTOS PERIODICOS LOCALES

364. **Brisas.**—Son vientos periódicos locales, que no dependen de la circulación general o secundaria de la atmósfera. Se deben a las variaciones diurnas de la temperatura, y pueden ser **brisas de mar** o **brisas de tierra**, según soplen del mar hacia la tierra, o inversamente.

Como el suelo se calienta más que el mar, durante el día, el aire dilatado sobre la superficie terrestre, se eleva, siendo reemplazado por una corriente de aire más denso, que va del mar a la tierra; por la noche, como el enfriamiento por radiación es mayor en la tierra que en el mar, el fenómeno es inverso.

La brisa marina comienza a soplar hacia las 10 de la mañana, aumentando hasta las 3 de la tarde; decrece desde las 3 hasta las 6, para seguir un período de calma. A las 10 u 11 de la noche, comienza la brisa de tierra (terral), hasta las 4 de la madrugada, en que empieza a disminuir, cesando a la salida del sol.

Las brisas son altamente benéficas, constituyendo, a veces, un factor principal del clima en las regiones tropicales, porque hacen posible la vida en muchas de estas regiones.

365. **Brisas de relieve.**—Son las brisas de las montañas y los valles. Soplan alternativamente, es decir, durante la noche, de la montaña a los valles, y durante el día, de los valles a la montaña. Estas brisas arrastran consigo la humedad que se acumula en el fondo de los valles, que cuando se pone en contacto con una atmósfera más fría, forma las nieblas que se ven en las montañas.

Son vientos que ocurren en condiciones de relativa quietud del aire, en tiempo claro, y tienen bastante analogía con las brisas de mar y de tierra.

CAPITULO XIX

PREDICCIÓN DEL TIEMPO

366. **Su importancia.**—La predicción del tiempo para el agricultor, obligado a luchar contra la intemperie, es una de sus necesidades más apremiantes: tal vez la salvación de su capital, y la evitación de su ruina. Tiene pues el agricultor que poseer conocimientos elementales de Meteorología, que le serán de tanta importancia como conocer la composición química del suelo que cultiva; porque no hay que olvidar, que en la producción agrícola intervienen estos dos factores: la **tierra** y el **aire**.

El conocimiento del **tiempo más probable**, ha preocupado al hombre desde la más remota antigüedad, y en particular al agricultor, por las ventajas que de ello puede sacar. El origen de la predicción se remonta a Aristóteles (384-322 antes de J. C.). Fué este ilustre filósofo griego, quien en su libro "Meteoros", expuso, por primera vez, las condiciones para la predicción de la lluvia y del buen tiempo, de los vientos y tempestades.

No es nuestro propósito seguir paso a paso el desarrollo de esta cuestión a través de la historia, ni las curiosas mezclas de supersticiones y de fantasías sobre influencias astrales, a que en muchos casos dieron lugar ciertos fenómenos naturales, que hacían prever un cambio de tiempo. Baste decir, que actualmente todos los países adelantados tienen un buen servicio de informaciones meteorológicas y de predicción del tiempo, de los cuales el agricultor progresista puede sacar el mejor provecho, si tiene una mediana preparación en el estudio de los fenómenos atmosféricos.

367. **Cartas sinópticas.**—El tiempo, es decir, el estado de la atmósfera en un instante dado, varía de un momento a otro, como consecuencia de las llamadas **perturbaciones atmosféricas**, cuyo estudio tiene por consecuencia un gran interés.

El estudio de las **perturbaciones atmosféricas**, se realiza comparando los diversos elementos meteorológicos en un instante

dato, en diferentes lugares de la tierra, por medio de las **cartas sinópticas**.

Esas cartas se construyen anotando sobre un mapa o **carta geográfica**, por medio de signos convencionales, el tiempo que reina en ciertas estaciones u observatorios, en un instante **dato**. De este modo, por una simple ojeada, se puede conocer la **situación atmosférica**, y las modificaciones que sufre en las **últimas horas**, las particularidades meteorológicas del día, etc.

El conocimiento de las cartas sinópticas no debe estar reservado solamente a los especialistas; es una cuestión que debe ser tan conocida como la noción de la temperatura y de la presión atmosférica. Las ideas generales que presiden en la confección de cartas isobaras, de depresiones, anticiclones, etc., deben ser conocidas por todos aquellos que se interesan por los fenómenos atmosféricos, y particularmente por el agricultor.

368. **Carta de isobaras.**—El tiempo, conjunto resultante de los factores meteorológicos simples, es decir, de los **elementos meteorológicos** que hemos estudiado en lecciones anteriores, puede ser pronosticado, en su mayor parte, cuando se conoce la distribución sobre un extenso territorio de uno de dichos elementos: la presión atmosférica en el instante pronosticado. Estrictamente hablando, la carta de isobaras permite juzgar, de una sola ojeada, no solamente la situación barométrica, **sino** también, por medio de pequeños signos convencionales, el estado del cielo, los vientos, lluvia, etc.

La **carta sinóptica**, en las regiones tropicales, es casi siempre muy simple, porque la distribución de las isobaras—que es **muy regular**, no está perturbada, casi que pudiéramos decir, **más** que por los ciclones. De modo que es fácil, por las manifestaciones barométricas, que son muy importantes entonces, predecir la existencia de estos meteoros. En las regiones templadas, el problema es más complicado, porque el desplazamiento de las depresiones se realiza por medio de una situación isobárica siempre perturbada.

369. **La construcción de la carta sinóptica.**—Requiere una previa organización de los observadores, en las diversas regiones que anotan los fenómenos atmosféricos, a las horas determinadas, y las transmiten rápidamente a los órganos centrales

para conocimiento de los interesados; siendo necesario, además, que la anotación de los fenómenos por los distintos observadores se haga del mismo modo, es decir, sirviéndose de instrumentos comparados entre sí.

370. **Trazado de la carta.**—Se comienza por indicar sobre el mapa en cada estación la observación realizada (presión, nebulosidad, vientos, etc.); después se hace el trazado, es decir, se unen por líneas más o menos regulares los fenómenos de la misma naturaleza y del mismo orden. A este efecto, si se trata de la presión, por ejemplo, se unen todos los puntos de la misma presión reducida al nivel del mar.

Las cartas pueden ser además de isotermas, de tendencias, temperatura, nubes, etc. De todas ellas, las más importantes para la predicción del tiempo son primeramente las cartas de isobaras, y después las de tendencias.

371. **Predicción del tiempo por medio de instrumentos.**—A veces la carencia de cartas isobáricas y de boletines meteorológicos, obliga a la observación y predicción, estudiando las variaciones de la presión, combinadas con la observación de los vientos. Se puede, por este medio, determinar con auxilio del barómetro, la existencia de un régimen anticiclónico o de una depresión, determinando en este último caso (por la dirección del viento) la situación de la depresión.

372. **Observación por fenómenos en la radiotelegrafía.**—Diversos fenómenos meteorológicos, son puestos en evidencia por los aparatos receptores de las ondas eléctricas. Esas perturbaciones, denominadas **parásitos atmosféricos**, varían de acuerdo con la intensidad del fenómeno que las provoca y son utilizadas, hasta cierto punto, para prever los fenómenos.

Es así como los ruidos en forma de crujidos violentos, permiten pronosticar la proximidad de una tormenta, si los ruidos son cada vez más seguidos; o que por el contrario, que la tormenta se aleja, si las intermitencias de los ruidos son más prolongadas. También los chasquidos numerosos y dilatados, señalan la proximidad de una fuerte depresión

373. **Observaciones por el estado de la atmósfera.**—En ocasiones, ciertos aspectos del cielo, pueden indicar el tiempo bueno o malo.

Así por ejemplo, cuando existe una transparencia excepcional en el aire, una gran perceptibilidad de los sonidos lejanos, centelleo acentuado en las estrellas, existencia de coronas y halos solares y lunares; amontonamiento de nubes del lado del horizonte hacia el que sopla el viento, presencia de rocío en las noches cubiertas, o su ausencia en las noches claras, se puede predecir la proximidad de la lluvia.

Un buen tiempo, se puede predecir cuando hay intensidad de nieblas, o que el rocío sea abundante al principio de la noche.

Las coloraciones del cielo a la salida y puesta del sol, indican asimismo el tiempo que hará. Si el cielo está pálido y gris por la mañana o rojo anaranjado por la tarde, habrá buen tiempo. Las nubes vivamente coloreadas por la mañana anuncian, al contrario, mal tiempo.

374. Observación por los animales y vegetales.—La actitud de ciertos animales, a veces con mayor sensibilidad que el hombre, puede indicar el tiempo más probable.

Cuando hay proximidad de lluvia, las golondrinas vuelan muy bajo; los gatos se acicalan; los pájaros lustran sus plumas; las gallinas se revuelcan en el polvo; los peces saltan fuera del agua; las abejas no salen de la colmena; las moscas pican más fuerte; las ranas y los sapos saltan fuera del agua invadiendo los jardines, etc., etc.

Cuando va a hacer buen tiempo las golondrinas vuelan alto, las abejas y avispas abundan por las mañanas, las arañas tejen activamente, etc.

En cuanto a las plantas, algunas, como las leguminosas, enderezan sus tallos con la proximidad de la lluvia. Otras abren o cierran sus flores.

El organismo humano, tampoco escapa a ciertas influencias. Sabido es que con la proximidad del mal tiempo, se producen sufrimientos a los reumáticos y a los que tienen heridas antiguas.

Todo ello se explica, fácilmente, por la variación del estado higrométrico de la atmósfera, que está en relación directa con el tiempo bueno o malo.

375. Utilización de la radiotelegrafía para la previsión del tiempo.—El maravilloso desarrollo que ha alcanzado la radio-

telegrafía en los últimos años, es aprovechado corrientemente para la previsión del tiempo. El empleo de la comunicación inalámbrica para la difusión instantánea de las noticias del tiempo que interesan al agricultor, constituye una de las principales medidas innovadoras que toman todos los gobiernos. Son muchos los agricultores que reciben diariamente en los Estados Unidos de América, Francia, Inglaterra, Bélgica, Italia, y otras naciones, las noticias del tiempo, que les son transmitidas por radio, varias veces al día, desde las estaciones centrales del Gobierno.

376. **La predicción del tiempo y la astrometeorología.**—La astrometeorología, estudia las relaciones que pueden existir entre los diversos movimientos de los astros, y el tiempo en la superficie terrestre.

Las manchas solares.—Parece que, efectivamente, la periodicidad que se observa en las manchas solares, determinan variaciones similares en ciertos fenómenos meteorológicos terrestres, como en la temperatura, presión, nebulosidad, frecuencia de los huracanes y tempestades, lluvias, perturbaciones magnéticas y auroras boreales; pero dada la limitación de este curso y el interés práctico de la cuestión, que es mínimo, omitimos un estudio más extenso del asunto.

Las influencias lunares.—Desde muy antiguo, existe la opinión de que la luna ejerce influencia sobre los fenómenos meteorológicos; pero si esa influencia existe, no ha sido comprobada por estadísticas serias.

Ha sido imposible encontrar el menor paralelismo constante, entre las fases de la luna de una parte, y los diversos fenómenos atmosféricos de la otra, cosa que ha sido probada definitiva e irrefutablemente por Aragón. Si las fases lunares tuvieran una influencia cualquiera sobre el tiempo, se debería ejercer esta influencia al mismo tiempo y del mismo modo sobre todo el globo, puesto que las fases tienen lugar en un instante preciso, para toda la tierra. Las experiencias demuestran que las manifestaciones de esa influencia, suponiendo que exista, son, a lo menos, muy distintas de un punto a otro.

CAPITULO XX

EFFECTOS AGRICOLAS DE CIERTOS FENOMENOS METEREOLÓGICOS

377. **Efectos de la variación de la temperatura del aire y del suelo.**—Si las funciones de la vida del vegetal dependen de la temperatura, es evidente la importancia que tiene para el cultivador el conocimiento de las variaciones que experimenta la temperatura del suelo y del aire.

378. **La temperatura del aire.**—Influye de diferente modo, según se encuentre el vegetal en estado de vida latente o activa.

Cuando el vegetal se encuentra en estado de vida latente, soporta sin padecer enormes bajas de temperatura. Si el vegetal se encuentra en estado de vida activa, la temperatura tiene relación estrecha con los fenómenos osmóticos. Así es que existe para cada vegetal una temperatura llamada **óptima**, que es aquella en la cual la función osmótica se efectúa lo mejor posible; y una temperatura **máxima**, por encima de la cual puede vivir el vegetal. La temperatura **mínima**, es aquella por debajo de la cual no se efectúa la función osmótica.

Los valores de estas tres temperaturas (óptima, máxima y mínima) no son valores constantes en todos los momentos de la vida de la planta, porque varían según los distintos períodos de su vida.

379. **Sumas de temperatura.**—Es la evaluación del calor que recibe una planta en las distintas fases de su vegetación.

Las cifras obtenidas por este método no tienen más que un relativo valor, porque la rapidez del crecimiento y de la maduración, por ejemplo, dependen también de otros factores, como la intensidad de la iluminación. ⁽¹⁾

(1) Woeikoff encontró que un trigo obtenido bajo un cielo claro, y en 4 meses, con una suma de temperaturas de 1,620 grados C, exigía 1,866 grados C, y 6 meses, bajo un clima más brumoso.

380. **La temperatura del suelo.**—Aunque no es tan importante como la del aire, la temperatura del suelo ejerce también su influencia en el desarrollo vegetativo. La función osmótica se efectúa más o menos rápidamente, según que la temperatura del suelo sea mayor o menor.

Esta temperatura del suelo es más uniforme que la del aire; el frío y el calor penetran muy lentamente en el terreno, y las variaciones que experimenta la temperatura del aire son muy poco marcadas a la profundidad de 2 metros.

La temperatura promedio, al año, para los países cálidos, es de 20 a 30 grados C. a la profundidad de 1 a 1.5 metros: mientras que en los climas templados no sube más allá de 10 a 15 grados C.

Los fenómenos de la vegetación, por consiguiente, (transpiración, respiración, etc.) se producirán con una actividad tanto mayor, cuanto más grande sea la cantidad de calor que la planta reciba. Así como una temperatura inferior retarda el crecimiento (que se paraliza completamente próximo a 0°), una alta temperatura del suelo y de la atmósfera, favorece decisivamente el desarrollo de la planta y le permite alcanzar una rápida maduración. (1)

Desde el punto de vista agrícola, podemos considerar altas temperaturas las comprendidas entre los 20 y 40 grados C., y temperaturas medias de 5 a 20 grados C.

La temperatura media, anual, del aire, tiene menos importancia para la vegetación que la temperatura media de aquel período del año en que la vegetación es más activa.

La decisiva influencia del calor sobre la vegetación (que puede manifestarse hasta por la muerte del vegetal bajo el efecto de temperaturas demasiado elevadas), ha dado lugar al trazado de cartas o mapas de **zonas de vegetación**, que indican los límites donde el cultivo de cada planta cesa de ser posible. Así, el cultivo del cacao sería imposible donde el termómetro pueda descender ocasionalmente a 10° C.; el café no soportaría tem-

(1) El té (*Thea viridis*) da en Java, gracias a la temperatura promedio, (más de 20°), hasta 8 cosechas, mientras que en China, no da más de 3 recolectas.

La caña de azúcar, que madura a los 9 o 10 meses en los países tropicales, tarda 15 o 18 meses en los climas subtropicales.

peraturas de 50° C. y el naranjo moriría si la baja por algunas horas fuera más allá de 0°

381. **Efectos de la luz.**—La luz comprende radiaciones luminosas, caloríficas y químicas que tienen importancia capital en el desarrollo de la planta.

Todos los actos vitales del vegetal son favorecidos enormemente por la influencia de las radiaciones solares. Las radiaciones más luminosas, por ejemplo, activan la función clorofiliana (asimilación del carbónico y la expulsión del oxígeno); las radiaciones violetas o químicas, pueden alterar la clorofila, cuando son demasiado intensas, y parecen estar dotadas de una influencia especial para la formación de las flores; las radiaciones calientes y oscuras, favorecen la respiración.

La iluminación, o el número de horas durante las cuales brilla la luz solar, es un dato que se anota en los modernos observatorios meteorológicos.

La intensidad química de la radiación directa, varía mucho según las regiones y los períodos del año. La observación ha comprobado además, que la intensidad química, luminosa y calorífica de la radiación solar, desarrolla una influencia decisiva sobre los fenómenos vegetativos y particularmente sobre la formación de los hidratos de carbono. Es por esto, que las plantas sacaríferas y amiláceas de los trópicos, llegan a tener riquezas más elevadas que las plantas correspondientes de los climas templados; así, mientras una caña de azúcar puede llegar hasta un 18 o 20 por ciento de azúcar en los países muy calientes, las remolachas azucareras de los países muy templados dan solamente un 14 a 16 por ciento; la papa contiene ordinariamente 15 a 16 por ciento de fécula en estos climas, mientras que el arrowroot (impropiamente denominado “sagú”) y la yuca de los trópicos, contienen corrientemente hasta 25 y 33 por ciento de fécula. Diferencias similares se observan para las riquezas de aceite, materias colorantes, etc.

Las plantas se han clasificado de acuerdo con la insolación que requieren para su buena producción, y para vegetar de una manera normal. La piña y la caña de azúcar, por ejemplo, necesitan luminosidad intensa durante las tres cuartas partes, por lo menos, de su vegetación; el cacao, por el contrario, necesita

una ligera sombra durante la mayor parte del año; y la vainilla requiere sombra durante casi toda su vegetación.

382. Acción de los vientos sobre la vegetación.—Esta acción se puede ejercer en dos formas: una acción beneficiosa, o una acción perjudicial.

La acción beneficiosa, la ejercen los vientos suaves moviendo y renovando la capa de aire que se encuentra en contacto con las plantas, facilitando de este modo su transpiración y la función clorofiliana; facilitan también la fecundación, transportando el polen a veces a grandes distancias; favorecen el enraizamiento de los vegetales y fortifican las fibras de la madera, aumentando la resistencia de las fibras leñosas.

La acción perjudicial de los vientos fuertes se manifiesta mecánicamente, arrancando las hojas, y rompiendo las ramas; ocasionando bruscas alteraciones de la temperatura con perjuicio para el vegetal; provocando evaporaciones demasiado rápidas que desecan el terreno y los órganos foliaceos, transportando a distancia las partículas más finas y más importantes desde el punto de vista de la fertilidad del suelo; y finalmente, arrastrando y facilitando la propagación de semillas de malas hierbas, insectos y gérmenes de enfermedades criptogámicas.

383. La lluvia y la vegetación.—Como hemos indicado en Capítulos anteriores, las precipitaciones acuosas más importantes se verifican bajo la forma de lluvia. En ciertos puntos del globo, considerados como muy lluviosos, la capa de agua que anualmente cae llega hasta 4 y 6 metros; en Cuba el promedio anual es unas 54 pulgadas. En otras regiones calientes, como el Egipto y el desierto de Arizona, la lluvia caída—unos 10 a 30 centímetros al año—es instantáneamente evaporada.

La cantidad de agua necesaria a la vegetación depende, en efecto, de la evaporación, la cual varía con la temperatura. En las regiones templadas, una caída de agua de 70 a 80 centímetros al año, es suficiente; bajo los trópicos, por el contrario, se necesitan de 2 a 3 metros de lluvia para poder pasar sin la irrigación. ⁽¹⁾

(1) Por cada libra de materia seca que produce la planta, toma del suelo por medio de sus raíces, de 200 a 500 libras de agua en los climas húmedos, y hasta 1,800 libras, en las regiones áridas.

384. Repartición de las lluvias.—La cantidad de agua caída, no es solamente el punto que se debe considerar en el estudio de la humedad de una región: **la repartición de las lluvias** durante los meses del año, tiene la mayor importancia.

En muchos países, donde las lluvias son repartidas desigualmente, se distingue una estación de seca y una de lluvia; en otros lugares, la lluvia cae con gran uniformidad, condición siempre más favorable para la vegetación. En Cuba la irregularidad es muy grande: la estadística de 49 años comprueba que **no ha habido un sólo año en que más de la mitad de la lluvia no haya caído en menos de cuatro meses.** (1)

385. La acción de las lluvias.—Sobre la vegetación se ejerce distintamente: actúa mecánicamente y beneficiosamente, cuando arrastra el polvo acumulado sobre las superficies foliaceas; y resulta perjudicial cuando cae en exceso en el momento de la floración, porque arrastra el polen que se pierde, o también impide la desecación de los estambres, y por consiguiente la diseminación del polen sobre los estigmas. Si el exceso ocurre en el momento de la maduración, impide que la savia se concentre en las hojas, disminuyendo la evaporación. El vegetal tiene la tendencia a aumentar su superficie foliacea, con detrimento de la maduración.

Las lluvias torrenciales ejercen una acción desfavorable sobre la superficie del suelo: por el choque de las gotas líquidas, aglomeran las partículas terrosas, y arrastran e introducen profundamente los granos más finos del terreno, que se encuentran en los intervalos de los elementos más voluminosos, tapando los poros de la tierra, e impidiendo la aereación. Esta acción es más dañina aun en los terrenos arcillosos y arcillo-arenosos que forman, fácilmente, en su superficie, una costra dura, perjudicial al desarrollo de las plantas y a veces a la misma germinación de los granos. En este sentido se conservan mejor los terrenos cubiertos por alguna vegetación o capa protectora.

386. Influencia de la electricidad atmosférica sobre las plantas.—En 1758, ya Duhamel sostenía que la electricidad podía estar relacionada con los cambios atmosféricos más importantes, que afectan notablemente a las plantas. Posteriormente otros

(1) Véase "Irrigación"

sabios (Mann, Beccaria, Bertholon y muchos más), han venido estudiando la influencia de la electricidad sobre las plantas. Aunque el asunto no está perfectamente dilucidado, sin embargo, está comprobado que existe una marcada diferencia de potencial eléctrico en el cuerpo activo del vegetal, y que hay una considerable aceleración en la germinación de las semillas y crecimiento de las plantitas, cuando se les somete a débiles corrientes de electricidad.

De las experiencias modernas, merecen citarse las de Stone (en los E. U. de América), realizadas sobre más de 50,000 plantas, quien comprobó la aceleración de los cultivos hortícolas, bajo la influencia benéfica de la electricidad.

CAPITULO XXI

CLIMAS

387 **Definición.**—La Meteorología estudia los fenómenos que se producen en la atmósfera, sus causas, y probabilidades de que se produzcan; la Climatología, parte de aquella ciencia, estudia los valores promedios de las condiciones meteorológicas, es decir, de los elementos meteorológicos, libres de las irregularidades debidas a condiciones accidentales, y agrupados de modo que permitan dividir la tierra en zonas y regiones climáticas.

Esas regiones ó zonas climáticas se diferencian, según Hamon, por el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan en cada una al estado medio de la atmósfera.

388. **Condiciones que ejercen influencia sobre el clima.**—Las múltiples y principales influencias de que depende el clima de un lugar dado son:

- a) La latitud.
- b) Los vientos.
- c) La distribución de la presión atmosférica.
- d) La distribución de las tierras y las aguas; el relieve del terreno y la vegetación.

389. **Influencia de la latitud.**—Es evidente que la latitud, sea la distancia del Ecuador, es un importante factor para el clima. El efecto de los rayos solares, al incidir sobre la superficie de la tierra, es muy grande, cuando caen perpendicularmente sobre la superficie, y disminuye, a medida que aumenta la oblicuidad.

390. **Influencia de los vientos.**—La influencia de los vientos sobre el clima es indiscutible: aumentan o disminuyen la temperatura, modifican la humedad, provocan o impiden la lluvia y alteran la nebulosidad.

391. **Influencia de la distribución de la presión barométrica.**—La distribución media de la presión, da lugar a vientos que

conservan determinadas direcciones dominantes y que, por consiguiente, influyen sobre el clima.

392. **Influencia de la proximidad de los mares.**—Los mares tienden a hacer la temperatura más uniforme, atenuando los fríos de invierno y los calores del verano. El mar, en efecto, a causa del gran calor específico del agua, absorbe, durante los calores del verano, grandes cantidades de calor, sin que la temperatura aumente mucho. Este calor es restituído por las masas de agua, lentamente, durante el invierno. Además, la evaporación del agua, consume una gran cantidad de calor.

393. **Influencia de las corrientes marinas.**—Las corrientes marinas, según sean frías o calientes, modifican la temperatura en un sentido u otro.

394. **Influencia de las montañas.**—Además de desviar el curso de los vientos, el principal efecto que ejercen las montañas sobre el clima, dando lugar a diferencias notables, es la condensación del vapor de agua contenido en el aire. ⁽¹⁾

Las vertientes expuestas a los vientos dominantes son lluviosas, y relativamente secas las vertientes opuestas.

395. **Influencia de la orientación o exposición.**—En nuestro hemisferio, las localidades situadas hacia la parte meridional de una montaña, poseen siempre una temperatura más elevada que aquellas que ocupan las regiones que miran al norte.

396. **Influencia de la vegetación.**—Una región cubierta de una vegetación exuberante, conserva un clima relativamente uniforme. Durante el día, la vegetación intercepta la mayor parte de los rayos solares, que de otra manera calentarían la superficie terrestre; además, la evaporación en las superficies foliaceas consume calor, conservando fresca la atmósfera. Por la noche, la vegetación evita la radiación de la superficie de la tierra, impidiendo así la baja de la temperatura.

397. **Clasificación de los climas.**—Cada región del globo, por pequeña que sea su extensión, tiene sus condiciones climatéricas propias, no existiendo dos porciones o comarcas que tengan exactamente el mismo clima. De ahí que la clasificación de los climas sea muy difícil; llegándose solamente a establecer líneas

(1) Véase en el No. 335, la formación de la lluvia orográfica o de relieve.

generales de caracteres comunes en las clasificaciones. Esos caracteres pueden ser, por ejemplo, la amplitud anual de la variación de diversos elementos meteorológicos (temperatura, etc.), o también, considerando únicamente los valores medios de estos elementos.

Clasificación adoptada.—Aceptando como factores básicos para la clasificación el térmico, los climas se pueden dividir en:

- a) **Climas cálidos**, cuando la temperatura media anual pasa de los 20° C.
- b) **Climas templados**, cuando la temperatura media anual está comprendida entre 20° y 10° C.
- c) **Climas fríos**, cuando la temperatura media anual es inferior a 10° C.

Pero como la existencia de la lluvia puede imprimir diferencias notables en el clima, hay que considerar en el primer grupo (Climas cálidos), que es el que nos interesa, dos casos distintos: climas cálidos sin estación seca, como los ecuatoriales; y aquellos que presentan una o dos estaciones secas al año, o sean los tropicales; concordando ambas denominaciones con el régimen de las lluvias. ⁽¹⁾

398. **Clima de Cuba.**—De acuerdo con la anterior clasificación, el clima de Cuba es cálido tropical. Como la temperatura varía muy poco de un año a otro (24° C.), la uniformidad del clima también es casi invariable en toda la Isla, con excepción de algunas regiones muy montañosas de Oriente y Santa Clara.

El promedio anual de lluvia, como hemos indicado en lecciones anteriores, es de unas 54 pulgadas, distribuída casi con uniformidad sobre toda la Isla, exceptuando también algunos puntos de Oriente, muy montañosos. La estación de las lluvias comienza en Mayo y termina en Octubre; siendo por término general los meses de Mayo, Junio, Septiembre y Octubre los de mayor pluviosidad; de tal modo, que la estadística de 49 años comprueba que no ha habido un sólo año en que más de la mitad de la lluvia no haya caído en menos de 4 meses.

Con excepción de los ciclones tropicales, los vientos presentan muy poca variación. Además de los alisios del hemisferio Norte, soplan las brisas terrestres y marítimas.

(1) Alcaraz.

La nebulosidad aumenta con las lluvias, que generalmente ocurren en las horas de la tarde. Durante el verano, y después que ocurren los aguaceros, vuelve a brillar el Sol, despejándose el cielo.

399. **Influencia del clima sobre la vegetación.**—Dos son las causas principales que influyen sobre el vegetal: el **terreno** y el **clima**.

El terreno.—Aunque a menudo solamente por el aspecto de la vegetación se puede juzgar la naturaleza del suelo, la predominancia del clima sobre la vegetación es tan evidente que, según sea favorable o no el clima, una tierra rica en elementos fertilizantes y dotada de excelentes propiedades físicas, será productiva o estéril.

El clima.—Por esas razones, la flora de grandes extensiones en la superficie terrestre, está determinada, en líneas generales, por el clima.

Cuando se cambia de clima un vegetal, pueden producirse en él cambios morfológicos, y en sus períodos vegetativos, etc.

Morfológicamente, el efecto se traduce por cambios en el tamaño y proporciones de sus diversos órganos: plantas que son grandes árboles en las regiones meridionales, sólo alcanzan un desarrollo propio de un arbusto en las regiones septentrionales. Los períodos vegetativos se retrasan a medida que se sube hacia el Norte.

400. **Regiones agrícolas.**—El estudio de la temperatura y de las líneas isotermas anuales de cada región del mundo, conjuntamente con la humedad, etc., ha permitido su división en **regiones agrícolas**, caracterizadas por el predominio de un cultivo particular, que produce mayores y más seguras ventajas.

Esa predominancia de un cultivo determinado para cada región, depende de las temperaturas medias durante su ciclo vegetativo, régimen pluviométrico, naturaleza geológica del terreno, etc.

