

antes que los árboles, y por último estos, que tanto el *Génesis* como la ciencia admiten como representantes de la tercera y última creación vegetal.

Otro tanto puede decirse respecto de los animales, pues según el versículo 20, primero aparecieron los marinos, luego los volátiles, los reptiles, después los terrestres, los domésticos y el hombre.

CAPITULO II

1.º Fueron, pues, acabados los cielos y la tierra y todo el ornamento de ellos.

2.º Y acabó Dios el día séptimo su obra que había hecho, y reposó el día séptimo de la obra que había hecho.

3.º Y bendijo el día séptimo, y santificólo, porque en él reposó de toda su obra, que crió Dios para hacer, esto es, para ordenar.

4.º Estos son los orígenes del cielo y de la tierra, cuando fueron criados en el día en que hizo el Señor Dios el cielo y la tierra.

7.º Dos grandes hechos notamos en los versículos del capítulo segundo, que prueban la sublimidad de los libros sagrados, y son: el primero que, según Moisés, terminada en el séptimo día la obra de la creación, Dios descansó, y como no es posible admitir que un Sér infinitamente grande y omnipotente llegara á cansarse, se deduce sin gran esfuerzo que con esta frase Moisés quiso dar á entender, que terminada por aquel día la creación, la tierra entraba en un período de calma, que representa la época actual. Esto coincide con la distinción admitida en la ciencia, de tiempos geológicos y período histórico. La confirmación de esto la encontramos en el segundo hecho á que nos hemos referido, y es la falta de aquella frase sacramental, y *del fin hasta el principio* con que Moisés daba á conocer los diferentes períodos de la creación; lo cual no nos debe sorprender, admitiendo la interpretación propuesta por hombres muy respetables, pues mal podía decir el legislador hebreo «y de la tarde y la mañana fué el día séptimo,» cuando no había llegado todavía la tarde de dicho período.

Durante este período histórico sobrevino un acontecimiento extraordinario, que Moisés refiere en el capítulo séptimo del *Génesis*, y que ha sido confirmado por el unánime asentimiento de todos los pueblos, y también de una manera clara y evidente por la ciencia. Este suceso es el Diluvio, con el que Dios quiso castigar los extravíos del Hombre, según Moisés; y á beneficio del cual, según la ciencia, la tierra adquirió condiciones mejores para el desarrollo de la vida. En esto, que algunos considerarán como contradicción no la hay en realidad; pues del mismo modo que el Señor se valió del fuego de un volcán para castigar la depravación de Sodoma y Gomorra, sin oponerse á que los materiales volcánicos descompuestos formáran con el tiempo una excelente tierra vegetal, así también con la terrible inundación del Diluvio castigó por el momento á los culpables, haciéndolos perecer en las aguas, al propio tiempo que preparaba mejor la tierra (carácter de toda inundación) para los descendientes de aquellos.

Hé aquí en qué términos refiere Moisés este acontecimiento.

CAPITULO VII

11. A los 600 años de la vida de Noé, en el mes segundo, á 17 días del mismo mes, se rompieron todas las fuentes ó depósitos del grande abismo de los mares, y se abrieron las cataratas del cielo.

17. Entonces vino el diluvio por espacio de 40 días sobre la tierra; y crecieron las aguas é hicieron subir el arca muy en alto sobre la tierra.

20. Quince codos se alzó el agua sobre los montes que tenía cubiertos.

21. Y pereció toda carne que se movía sobre la tierra, de aves, de animales, de fieras, y de todos los reptiles que serpean sobre la tierra; los hombres todos.

23. Solo quedó Noé y los que estaban con él en el arca.

24. Y las aguas dominaron sobre la tierra por espacio de 150 días.

La ciencia aparece tan en armonía con el *Génesis* en esta parte como en todo lo relativo á la creación; siendo la mejor prueba la admisión de un período en la historia del globo dentro de la época histórica, según los últimos descubrimientos, como puede verse en el llamado terreno cuaternario ó diluvial, cuya separación del histórico puede decirse que mas bien es convencional y para facilitar el estudio, que fundada en datos científicos.

En lo que no cabe duda alguna es en que tanto aquel como esta reconocen la existencia del Diluvio, estando igualmente acordes en el carácter de semejante inundación, y hasta en las causas que lo determinaron, pues si Moisés dice que se rompieron todas las fuentes y depósitos del grande abismo de los mares, y que se abrieron las cataratas del cielo (lenguaje enteramente simbólico y metafórico propio del idioma hebreo y de los pueblos orientales), la ciencia admite que, con bastante probabilidad, la causa del Diluvio fué la aparición en el centro de los mares, de un sistema de montañas, el de los Andes ó del Himalaya, y tal vez el de ambos á la vez, lo cual necesariamente había de determinar, no solo la salida de los depósitos y grandes fuentes del abismo de los mares, sino también lluvias espantosas, á las que se refiere Moisés al decir que se abrieron las cataratas del cielo. Para persuadirnos de la verdad y armonía de esta causa, comparada con la relación del *Génesis*, basta fijarnos por un momento en el lenguaje vulgar, que cuando llueve mucho, dice que parece haberse abierto las cataratas del cielo, y en los efectos que determina la aparición de una simple isla volcánica, como la Julia ó la Sabrina, sobre las aguas del mar, las cuales elevándose en vapores abundantes, ocasionan después lluvias espantosas.

En la breve reseña que precede se ha podido notar, que todas las observaciones, los hechos todos que las ciencias han conquistado á través de los siglos y luchando con dificultades sin número, son la mas plena confirmación de lo establecido por Moisés en aquel libro sublime, de cuya autenticidad y antiquísima fecha nadie duda. Y no podía menos de suceder así, pues si la revelación es la verdad emanada de Dios, las ciencias, como dice Marcel de Serres, no podían estar en oposición, siendo también su objeto final la indagación de la verdad.

Después de lo expuesto, ¿causará admiración que adoptando la doctrina de autoridades tan respetables en el terreno científico como en el religioso, fundemos nuestra creencia de la revelación en lo admirable y sublime de estas armonías? ¿Y habrá todavía quien califique de ateas ó irreligiosas á la Geología y demás ciencias fisico-naturales, cuando todos sus esfuerzos se encaminan á confirmar y robustecer con la verdad de los hechos, lo que la Religión nos manda creer por la fe? Manifiesta sinrazón sería.

Y visto cuán hermanadas están la teoría científica y la teoría revelada, no queda otro medio al hombre estudioso y pensador, mas que el de confesar y bendecir los admirables testimonios de la Omnipotencia divina, escritos tan brillantemente en los senos de la tierra, como en los pétalos de las flores, en la historia de la naturaleza, como en la mosaica historia.

GEOLOGIA APLICADA

Ó GEOTECNIA

Para corresponder al objeto que nos propusimos en la redacción de esta obra, reducido como se ha visto á tratar extensamente todas las cuestiones relativas á la historia de nuestro planeta con los materiales orgánicos é inorgánicos que le componen, y las importantísimas aplicaciones que de semejante estudio pueden hacerse, hemos procurado hacer indicaciones generales acerca de la utilidad que de los minerales, rocas, fósiles y terrenos puede reportar el hombre. Pero no bastando esto, se hace de todo punto indispensable que dediquemos unas cuantas páginas á tratar de un modo especial, de aquellos puntos que mas directamente se rela-

cionan con la estructura y modo de ser de nuestro planeta; concretándonos por ahora á las aplicaciones de la Geología á la Agricultura é Industria, por ser estos los ramos mas vitales y en los que estriba el porvenir de nuestra patria. Así, pues, dividiremos la Geotecnia ó Geología aplicada, en dos capítulos; destinando el primero á la Geoponía ó Geología agrícola, y el segundo á la industrial; no sin advertir de paso que con frecuencia habrán de involucrarse estos dos ramos, en razón á los estrechos lazos que los unen con la Geología, la Física y la Química, de que con frecuencia nos valdremos.

CAPITULO I

GEOLOGÍA AGRÍCOLA Ó GEOPONÍA

Siendo la Agricultura en su acepción mas lata una industria en la que el hombre se propone la explotación del suelo, y la producción de sustancias útiles, es claro que ha de necesitar el apoyo de aquellas ciencias que le den á conocer los vegetales como materia primera, y la tierra como representante del aparato creador por decirlo así, de los productos que con sus fuerzas combinadas con las de los animales y de otros agentes, le ponen en estado de satisfacer sus propias necesidades. La parte de esta ciencia-arte relativa al conocimiento de la tierra vegetal ha merecido el nombre de Geología agrícola ó Geoponía, derivada de *ge*, tierra, y *ponos*, trabajo ó labor.

Tres son las cuestiones que esta parte de la Geología se propone resolver, y son: 1.ª Indagar el origen, la composición química y las propiedades físicas y mineralógicas de las tierras vegetales; 2.ª conocer los medios y sustancias de que el hombre se sirve para mejorar las condiciones físicas del suelo, y proporcionarle los materiales que han de servir para la nutrición de las plantas; y 3.ª indicar al agricultor los terrenos y las condiciones geológicas mas adecuadas á la existencia de dichos materiales. De aquí la división de este capítulo en tres artículos.

ARTICULO PRIMERO

ORÍGEN, NATURALEZA Y PROPIEDADES DE LAS TIERRAS

Bajo el nombre de tierra vegetal se comprende una capa de mayor ó menor espesor, que ocupa gran parte de la superficie del globo, en la cual prenden las plantas por sus raíces, y se verifican gran parte de los fenómenos de la vegetación. Es una mezcla de sustancias minerales y orgánicas, resultado de la descomposición de las rocas, de las partes de vegetales que subsisten en ella, y de los animales que perecen allí ó que han sido trasportados por el hombre y también de sus restos.

Considerada de un modo mas lato, la tierra vegetal se compone del suelo ó tierra propiamente dicha, del subsuelo y de las rocas subyacentes.

Por suelo se entiende, como acabamos de indicar, la mezcla de restos minerales y orgánicos que con el agua, aire y gases diversos, concurre á sostener y alimentar las plantas. Según su espesor, esta capa se llama superficial, cuando no pasa de 12 ó 14 centímetros; media cuando alcanza de 18 á 20; y profunda cuando excede de los 25.

Todo lo que se halla debajo del suelo debería llamarse en rigor subsuelo; pero siguiendo en esta materia las doctrinas de Thurmann, daremos este nombre á los detritus que se encuentran entre el suelo y las rocas que le sirven de fundamento, á que dicho autor llama *rocas subyacentes*. El subsuelo se compone casi exclusivamente de los materiales de la descomposición local de estas, siendo el principal carácter que lo distingue del suelo propiamente dicho, el que con frecuencia es de acarreo.

El Sr. Gasparin hace la distinción que marca la figura siguiente:

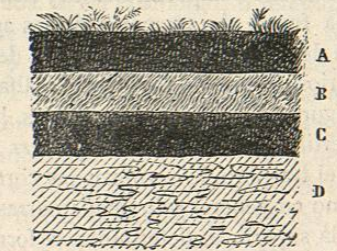


Fig. 159.—Composición de la tierra vegetal, según Gasparin

A, representa el suelo activo como él lo llama, en el cual se verifican los fenómenos de la vegetación relativos á las raíces, y se practican las labores; B, es el suelo inerte á donde no llega generalmente el arado (es el subsuelo de

Thurmann); C, subsuelo ó capas de composicion distinta de la de la tierra vegetal, que se extiende desde el suelo inerte, hasta la capa D, generalmente compuesta de arcilla, y de consiguiente impermeable, situada á diferente profundidad; sirve para retener y conservar las aguas de filtracion.

La importancia de los conocimientos geológicos en sus aplicaciones á la Agricultura estriba principalmente en el conocimiento del subsuelo y de las rocas subyacentes, cuya naturaleza suele variar con mas frecuencia que la del suelo mismo, y de cuyas propiedades depende muchas veces el carácter de la vegetacion. Para convencerse de la importancia de estas dos partes integrantes de la tierra vegetal, basta saber: 1.º Que cuando una tierra descansa sobre rocas duras poco susceptibles de disgregarse, es en general poco fértil. 2.º Que en los suelos medios ó poco profundos, las rocas subyacentes determinan con frecuencia el carácter de la vegetacion, por la accion que ejercen sobre las raíces. Y 3.º que la permeabilidad ó impermeabilidad del subsuelo y de la roca subyacente, determina en gran parte la humedad del suelo.

De lo dicho se infiere, que el origen de la tierra vegetal hay que buscarlo en la descomposicion de las rocas, determinada por los agentes que indicamos en el artículo de *Causas actuales*, y en la destruccion de restos de vegetales y animales que se encuentran en ella, ó que prepara el hombre para abonarlas.

La descomposicion de las rocas da por resultado ciertos detritus que unas veces persisten en el mismo punto, mientras que otras son arrastrados á mayores ó menores distancias; de aquí la distincion de las tierras en *locales* y de *trasporte*.

Las tierras locales, de las que el subsuelo de Thurmann puede considerarse como la expresion mas fiel, se distinguen fácilmente por la analogía ó identidad de composicion con las rocas inmediatas; por la tenuidad ó finura de sus elementos, y en general por el poco espesor que alcanzan, llegando á veces al extremo de no bastar á las necesidades del cultivo.

Las de transporte, por el contrario, están caracterizadas por la escasa analogía que guardan con las rocas inmediatas; por el mayor tamaño de sus materiales; por su distribucion en fajas ó zonas de materiales mas ó menos bastos, y por último, por su mayor espesor, llegando á formar á veces verdaderas capas, como se observa en los terrenos de aluvion.

Los materiales acarreados por las aguas corrientes se depositan en el álveo de los rios, arroyos y cañadas, en el thalweg de las llanuras ó valles y en las partes bajas de muchas comarcas formando terreras. Otras veces se pierden en los lagos ó mares, contribuyendo á rellenar su fondo y á convertir el espacio que ocupan, particularmente el de los primeros, con el trascurso del tiempo, en fértiles y risueñas llanuras. Agitados por la fuerza de transporte de las aguas, y por la repulsiva de las del mar, se depositan en la desembocadura de los grandes rios, formando los deltas ó alfaques, y terraplenando las lagunas ó marismas inmediatas, las convierten en tierras tan fértiles como las de los *polders* en Holanda.

Otras veces el transporte lo verifican las corrientes atmosféricas, que como en general solo pueden arrastrar las partes mas tenues de la superficie, determinan la formacion de los desiertos, landas y médanos, que aunque reputados por estériles, son tierras susceptibles de una rica vegetacion, desde el momento en que se les suministra el agua que necesitan.

De manera que con facilidad, y en virtud de lo expuesto, pueden señalarse los puntos en que el hombre debe encontrar tierras de transporte, las cuales son tanto mejores, cuanto

mas variados los materiales que las constituyen. El conocimiento de su composicion puede suministrárselo perfectamente la Química y tambien la Geología; con la diferencia de que aquella exige ciertas manipulaciones, que no siempre el agricultor está en disposicion de practicar; mientras que esta solo requiere conocimientos generales acerca de las piedras, y una correría por aquellas montañas de las que segun la direccion de los valles, debe suponer proceden los materiales de sus tierras.

Lo dicho hasta aquí se refiere á la parte mineral del suelo; en cuanto á los elementos orgánicos conocidos con el nombre de *humus*, y mas particularmente en España con el nombre de *mantillo*, unas veces son resultado de la descomposicion local de plantas y animales ó de sus restos; otras han sido trasportados por las corrientes normales ó por las inundaciones; de modo que tambien hay mantillo local y de transporte, al que muchas veces hay que agregar el que lleva el hombre para suministrar á las plantas, bajo la forma de abonos orgánicos, los elementos que necesitan para su desarrollo. Respecto de sus propiedades y del carácter que comunica á las tierras, se tratará mas adelante.

Conocido ya el origen de las tierras vegetales, veamos si podemos dar una idea de su naturaleza ó composicion.

Tres son los elementos, que por encontrarse casi en todas, pueden llamarse esenciales á la composicion de las tierras, y son la arena ó sílice, la arcilla y el carbonato de cal. De sus diversas proporciones resultan los diferentes grados de fertilidad; notándose, sin embargo, que es indispensable guarden cierto equilibrio, pues de lo contrario, cuando alguna de estas sustancias se encuentra en exceso, generalmente la tierra es estéril.

Además de estos materiales, se encuentran otros que completan la composicion de las tierras; en este número deben contarse el agua, el aire y los gases, cuya naturaleza ó composicion, y el modo de obrar sobre las plantas, debe estudiarse en tratados de Química general y aplicada, mas bien que en esta obra.

Tambien deben considerarse como á tales, si bien su importancia es menor, la magnesia, con los óxidos y sales de hierro y manganeso que daremos á conocer.

La marga, los sulfatos, fosfatos y nitratos de cal, sosa, potasa, etc., que algunos autores colocan entre los elementos de la tierra vegetal, deben considerarse en rigor, como mejoramientos ó abonos minerales.

Antes, sin embargo, de proceder á la descripcion de todas estas sustancias, y con el fin de conocer mejor el modo de obrar de cada uno de los elementos de la tierra vegetal en la vida de las plantas, conviene ofrecer un resumen de la fisiología de estos seres.

La semilla fecundada y madura debe considerarse como una planta en miniatura, en la que se hallan representados todos sus órganos y aparatos, que con el tiempo han de constituir un sér perfecto y desarrollado. Para comprender, pues, la vida de estos seres, es menester empezar por el estudio de todo lo que se observa en el embrión contenido en la semilla, cuando esta se halla en determinadas circunstancias y bajo la influencia de ciertos agentes. A este, que puede considerarse como el primer paso en la vida de las plantas, se llama *germinacion*, con cuya palabra se quiere expresar la serie de actos en virtud de los cuales el embrión, animado de una fuerza vital que le es propia, crece, se desembara de las cubiertas seminales, y acaba por bastarse á sí mismo, sacando directamente su alimento del exterior. Para que esta funcion se verifique se necesita el concurso de varias circunstancias que dependen de la semilla misma, y de agentes exteriores mas ó menos poderosos. Estas circunstancias pueden redu-

cirse á las cinco siguientes: semilla fecundada y madura, presencia del agua, del aire y del calor, y ausencia de la luz.

Si la semilla no ha sido fecundada, ó aun habiéndolo sido, si no ha llegado al completo grado de madurez, no puede germinar. Pero se observa tambien, que no conviene sea muy vieja, pues la experiencia demuestra que en este caso pierde la facultad germinatriz.

En cuanto al modo de obrar de los agentes exteriores, se sabe que el agua humedece é hincha primero las túnicas seminales, ocasionando de este modo, y sin esfuerzo, su ruptura; despues penetra en el tejido del embrión y lo dispone á recibir las sustancias nutritivas: además acarrea los gases y sustancias alimenticias que lleva en disolucion, sin cuyo medio no podrian introducirse en la planta ni recorrer sus vasos; por último, contribuye con sus elementos oxígeno é hidrógeno, á formar los diversos principios inmediatos de los vegetales.

El segundo agente, ó sea el aire, obra en virtud del oxígeno que contiene, el cual sustrae una porcion de carbono al perispermo, cuando existe, ó á los cotiledones carnosos que le reemplazan cuando falta, y da origen á un volúmen igual al suyo de ácido carbónico. Por esta sustraccion del carbono queda roto el equilibrio entre los elementos de la fécula del perispermo ó de los cotiledones; aparece luego la diatasa, que obra sobre la fécula y la trasforma, primero en dextrina y despues en glucosa, sustancias nutritivas y solubles en el agua fria, á propósito, por consiguiente, para la nutricion y desarrollo del embrión, y para suministrar el carbono que se consume en la formacion continua del ácido carbónico. Esta fermentacion sacarina continúa hasta que la plúmula sale á luz: entonces cesa de repente, y el gas ácido carbónico y el agua se descomponen; el oxígeno del gas se desprende, el carbono y los elementos del agua se reunen, y forman los principios inmediatos resinosos, oleosos, etc., que reemplazan al mucilago y á la materia sacarina.

El calor, cuya intervencion es tan indispensable como la del aire y del agua en la germinacion, obra en esta como estimulante ó como agente que excita las fuerzas vitales, y probablemente tambien, reduciendo el agua y las materias alimenticias á un estado mas conveniente para ser absorbidas. Cada planta necesita un grado de calor que le es peculiar y mas favorable que otro cualquiera para vegetar. La temperatura mas propicia suele ser la de 10 á 30 grados; por cima de este término se destruye la vida; [por bajo de 0º no hay señal ninguna de ella.

La carencia de la luz es otra de las circunstancias que concurren de un modo muy eficaz á la germinacion de las plantas, porque si bien algunas pueden hacerlo bajo la influencia de este agente, lo comun es que les sea perjudicial, cuando obra directamente sobre las semillas. Por esta razon, cuando se quiere que esta funcion se verifique, como sucede en la sementera, se tiene buen cuidado en cubrirla con una capa mas ó menos espesa de tierra. La luz obra sobre las plantas determinando la descomposicion del ácido carbónico, y como quiera que en la germinacion este gas desempeña un oficio tan principal, es claro que lo que se trata al poner las semillas fuera de la accion de este agente, es evitar que se oponga á la formacion de la mencionada sustancia, segun opinan Decandolle y Mirbel.

Además de estos agentes, se cree que el cloro activa la germinacion en la mayoría de las plantas, como parece haberlo demostrado el gran Humboldt en las semillas del mastuerzo; y no deja de ejercer tambien su influencia la electricidad, segun demuestran los experimentos practicados por Nollet, Davy y Becquerel.

Los detalles que siguen respecto de la germinacion, los

copiamos de la obra de Botánica de los Sres. Girardin y Juillet.

«Toda semilla puesta en las condiciones que acabamos de enumerar, germina, cualquiera que por otra parte sea la sustancia en que se halle colocada, con tal, sin embargo, que esta sustancia no tenga ninguna accion perjudicial á sus órganos. Se ve, en efecto, que el trigo germina en las gavillas, y otras semillas que se desarrollan en esponjas empapadas de agua. Las semillas se ponen casi siempre en tierra para que germinen, y aunque su presencia no sea indispensable á esta accion, sin embargo, siempre es cierto que la favorece singularmente, suministrándole agua, calor y aire, poniéndola á cubierto de la luz, y prestándole un apoyo benéfico. El suelo mas favorable para la vegetacion es aquel que ni es demasiado blando ni duro; las semillas no deben enterrarse muy profundas, porque estándolo, la plúmula no podrá llegar á la superficie; y entonces, no recibiendo bastante oxígeno para desprenderse de su superabundante carbono, ó las semillas no podrán germinar, ó se pudrirán sin germinar, por un exceso de humedad. De estos hechos puede deducirse fácilmente la utilidad de las labores y de todas las demás precauciones que se emplean por los labradores para conservar las simientes.

Cuando el embrión está puesto en las circunstancias que necesita para desarrollarse, empieza la germinacion, presentando una serie de fenómenos que vamos á examinar. Por de contado la semilla empapada de agua se ablanda, se hincha, y muy luego se rasgan sus túnicas para dar paso al rejo, que se presenta bajo la forma de una pequeña mamila cónica. La ruptura de las túnicas, que de ordinario se verifica de una manera irregular, se efectúa, sin embargo, con una casi uniformidad en varias especies, y principalmente en todos los individuos de una misma especie. Esto es lo que se presenta muy manifiesto en todas las semillas provistas de un embriotegio, especie de opérculo ó de gorro que se desprende del espermodermo, y deja una abertura muy regular (espárrago, dátil, tradescantia, commelina, etc.).

Desde que el embrión comienza á desarrollarse toma el nombre de plántula ó plantita, en la cual se distinguen dos partes principales, el caudex ascendente, [formado por la yema, cuya tendencia es siempre á elevarse, y el caudex descendente, formado por el rejo, cuya tendencia es siempre á profundizarse perpendicularmente en el centro de la tierra. La primera parte del embrión que se desarrolla es ordinariamente el rejo: despues de haber obligado á las túnicas á romperse, se alarga y sepulta en la tierra; pero cuando existe un coleorhiza, este, comprimido por las mamilas radiculares, se extiende, y rompe por su extremidad, dejando pasar las mamilas, cuyo crecimiento es mas rápido. La plúmula no tarda en manifestarse, crece, sale fuera de tierra, cuando no se halla encerrada en un coleoptilo, ó retenida por la resistencia que este opone á su prolongacion, se aprieta y se rasga con mas ó menos regularidad para presentarse en lo exterior y salir á luz. Cuando los cotiledones nacen por cima del caudex ascendente, este, en su evolucion, los levanta y arrastra á la superficie del suelo (Don Diego de noche, calabazá, etc.); enverdecen entonces, se cubren de nervios, se ensanchan y toman la apariencia de hojas, que llevan el nombre de hojas seminales. En este caso se les llama epigeos. Cuando, por el contrario, están situados por debajo del caudex ascendente, quedan encerrados en las cubiertas, conservan su forma y color blanquecino, y no hacen mas que aumentar de volúmen, en cuyo caso llámase hypogeos. Luego que se han cumplido todos estos fenómenos, que el rejo saca de la tierra los jugos necesarios para la nutricion de la nueva planta, que la plúmula, desarrollada en hojas,