

# BOLETIN



*de  
la* Compañía Administradora del Guano



# BOLETIN

De la Compañía  
Administradora  
DEL GUANO

DIRECTOR:

Ing<sup>o</sup> Jefe General del Departamento Técnico

COMITE DE REDACCION:

Personal de Ingenieros del Departamento Técnico

Volumen XXXII

Setiembre 1956

Nº 9

## SUMARIO



**PORTADA:** ALCATRACES (*Pelecanus Occidentalis* Thagus),  
Foto: Ing<sup>o</sup> J. Castañeda L.

**EDITORIAL:** EL PERU Y EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL

CONSERVACION DE LA MATERIA ORGANICA Y DEL NITROGENO EN LOS SUELOS,  
por A. F. Gustafson



FERTILIZACION FOLIAR NITROGENADA DEL TOMATE COMO COMPLEMENTO DE LA  
FERTILIZACION CON GUANO DE ISLAS,  
por el Ing<sup>o</sup> Alejandro Corrales Macedo

LEYES, DECRETOS Y RESOLUCIONES

BALANCE MENSUAL CORRESPONDIENTE AL 30 DE JUNIO DE 1956

Este BOLETIN se publica MENSUALMENTE.

Su objeto principal es DIFUNDIR Y VULGARIZAR LOS PRINCIPIOS QUE DEBEN REGIR EN EL MEJOR CONOCIMIENTO DEL SUELO así como el ABONAMIENTO REQUERIDO y todo lo que sea de interés para el agricultor del país.

Su distribución es GRATUITA entre todos los AGRICULTORES. — Teléfono 72510.  
Zárate 455 — Cosilla 2147, LIMA.

# Conservación de la Materia Orgánica y del Nitrógeno en los Suelos

Por A. F. GUSTAFSON

(De "Uso y Explotación de los Suelos")

Todos los suelos productivos contienen materia orgánica. Algunos de ellos son nuevos y activos: otros, viejos y relativamente inactivos. La materia orgánica del suelo, de acuerdo con el uso que se hace aquí del término, es el material no vivo del suelo proveniente de plantas o animales. La materia orgánica del suelo es el alimento de muchos de los organismos de éste. Estos organismos provocan la descomposición o podredumbre de los abonos y de los restos de las plantas que están en la superficie o mezclados con el suelo. En el proceso de descomposición esos organismos toman de la materia orgánica lo que necesitan como alimento para su desarrollo. Al hacerlo, liberan muchos otros productos simples que sirve de alimento a nuestras plantas de cultivo.

La conservación de materia orgánica y del contenido de nitrógeno en los suelos, será estudiada bajo los títulos siguientes:

1. Comparación de las fuentes de materia orgánica de los suelos.
2. Estudio de la composición de la materia orgánica.
3. Exámen de los productos de descomposición de la materia orgánica.
4. Determinación de los efectos de la materia orgánica sobre los suelos.
5. Clasificación de las pérdidas en materia orgánica de los suelos.
6. Devolución de materia orgánica a los suelos.
7. Adición de nitrógeno a los suelos.

8. Transformación del nitrógeno en materia orgánica disponible para las plantas.
9. Aceleración de la descomposición de los residuos de leguminosas y no leguminosas.
10. Observación del ciclo de nitrógeno en los suelos.
11. Conservación de la materia orgánica activa y del nitrógeno en los suelos.
1. *Comparación de las fuentes de materia orgánica de los suelos.*

Las diminutas algas verdes que se encuentran en los suelos fueron probablemente las primeras plantas que aparecieron en la superficie. Les siguieron formas superiores de las plantas. Las plantas vivieron y murieron y su substancia fué agregada al suelo o asimilada a él por las lombrices, otros gusanos y muchos animales de tamaño mayor que horadaban la tierra. Al morir los animales, sus cuerpos se agregaban al suelo. Por eso, en general, puede decirse que las existencias naturales o primitivas de materia orgánica de los suelos provinieron de la descomposición de las plantas y de los animales. En su mayoría, con todo, provenían de las plantas.

En las zonas arboladas, las hojas, y ramitas caen al suelo, sirven de alimento a los organismos del suelo y eventualmente se mezclan con él. Los troncos de los árboles

caen al suelo, las plantas crecen sobre ellos, se descomponen a su vez y se agregan al suelo. En las zonas de praderas, se opera un proceso muy semejante. La vegetación de cada año cae y se mezcla eventualmente con la tierra. Debe comprenderse, con todo, que las plantas crecidas sobre la superficie no tardan en descomponerse y perderse en gran parte. Asimismo, los incendios pueden destruir esta parte de las plantas nativas.

Las raíces de los árboles, los arbustos, las enredaderas, los pastos y otras plantas se quedan en el suelo donde crecieron cuando las plantas mueren. Allí quedan húmedas y el aire no penetra libremente en el suelo. Por eso, las raíces se conservan y se convierten en la fuente principal de materia orgánica, que está originariamente en el suelo.

Las algas añaden aún cierta materia a los suelos. El agricultor le devuelve al suelo los restos, residuos o sobrantes de las cosechas y de ciertas plantas cultivadas con ese fin y de los abonos de chacra, (estiércol). Esos agregados, sin embargo, rara vez compensan las pérdidas que se operan con una producción activa del suelo por sucesivas cosechas.

La materia orgánica de los suelos minerales varía de una cantidad casi nula a un 8 o un 10 por ciento. Los suelos gruesos, pedregosos y arenosos tienen apenas una fracción de 1 por ciento. Las margas arenosas, las margas aluviales, las margas arcillosas y las arcillas en general, contienen crecidas proporciones de materia orgánica en condiciones similares. En condiciones cenagosas o de drenaje pobre, la materia orgánica es más abundante que en los suelos bien drenados. Una gran parte de los suelos minerales bien drenados contienen del dos al cinco por ciento de materia orgánica en comparación con un suelo seco. El cuatro por ciento es un porcentaje frecuente de materia orgánica para suelos productivos. La actividad de la materia orgánica es tan importante como su cantidad en el suelo. Los suelos orgánicos contienen hasta un 75 o un 80 por ciento de materia orgánica.

## 2. Estudio de la composición de la materia orgánica.

El material fresco, verde y jugoso de las plantas contiene como promedio, un 75 por

ciento de agua y un 25 por ciento de materia seca. De esta materia seca, alrededor del 4 por ciento es carbono, el 40 por ciento oxígeno, el 8 por ciento hidrógeno y el 8 por ciento restante cenizas o sales minerales. Sobre la base del peso fresco y verde del material de la planta, esos porcentajes son de un 11 por ciento de carbono un 10 por ciento de oxígeno, un 2 por ciento de hidrógeno y un 2 por ciento de cenizas. El agua, el nitrógeno y las sales minerales de las plantas provienen del suelo.

Los porcentajes de carbono y nitrógeno no varían según las distintas clases de plantas y de las distintas partes en una misma planta. En el suelo, las diferencias en esos porcentajes se encuentran entre los materiales de las plantas recién incorporados y la vieja materia orgánica del suelo.

Las leguminosas tienen un alto contenido de nitrógeno en comparación con no leguminosas como los cereales, los pastos, y los árboles. Las hojas de la alfalfa contienen aproximadamente un 3.5 por ciento de nitrógeno y los tallos un 1.6 por ciento. La relación entre la cantidad o porcentaje de carbono y la de nitrógeno en el material de las plantas o de los suelos, se llama "proporción carbono-nitrógeno". Se determina dividiendo la cantidad en que está presente el carbono por la del nitrógeno y es por lo tanto el número de libras o porcentaje de carbono presente por cada libra o porcentaje de nitrógeno (1).

Las pajas de los cereales tienen relaciones C : N muy amplias o sea contienen cantidades muy grandes de carbono en comparación con su contenido de nitrógeno. Las relaciones V : N de 80 a 90 y mayores son comunes en las pajas de cereales. Los granos tienen relaciones mucho menores: el de avena, 24; el trigo, 20; las papas, 29; las

(1) La proporción carbono-nitrógeno debe determinarse así: La paja de centeno contiene un 49.9 por ciento de carbono y un 0.3 por ciento de nitrógeno. De modo que  $\frac{49.9}{0.3} = 166.3$ . La paja de centeno contiene 166.3 libras de carbono por cada libra de nitrógeno: hay entonces una amplia relación C : N. La proporción C : N puede determinarse también usando libras en vez de porcentaje.

La paja de centeno contiene un 49.9 por ciento de carbono x 2.000 (libras en una tonelada) ó 998 libras de carbono y 0.3 por ciento de nitrógeno x 2.000 o sean 6 libras de nitrógeno. De modo que  $\frac{998}{6} = 166.3$ ; la proporción C : N de paja de centeno.

de legumbres, entre 15 y 25, la materia orgánica del suelo, entre 10 y 12. La proteína tiene una relación C : N solamente de 3. Los suelos y los residuos de las leguminosas tienen escasas relaciones de C : N siendo la proteína el ejemplo extremo de una relación reducida. El cultivo tiende a disminuir la amplia relación C : N propia de los suelos viejos.

### 3. *Examen de los productos de descomposición de la materia orgánica.*

Los tejidos de las plantas tienen una composición muy compleja. No son, en modo alguno, productos simples. Su descomposición, que es provocada por los organismos del suelo, no es menos complicada.

La descomposición de la materia orgánica fresca se opera por etapas. Los almidones, los azúcares y las proteínas solubles en el agua son las primeras que se desintegran. Luego, es atacado un grupo mayor de materiales. La descomposición de los petróleos, las ceras, las grasas, las resinas y la lignina es muy lenta, porque esos materiales resisten a la descomposición. Algunos de esos productos, sobre todo la lignina, se convierten en integrantes del humus, la parte de la materia orgánica del suelo viejo que resiste más a la descomposición.

Los almidones, azúcares y otros ingredientes con alta proporción de carbono se descomponen en anhídrido carbónico y agua. El nitrógeno de las proteínas se transforman en amoníaco y éste en nitritos y finalmente en nitratos. Las plantas toman gran parte de su nitrógeno del suelo bajo la forma de nitratos.

La descomposición activa o podredumbre de la materia orgánica se inicia a poco de mezclarse ésta con el suelo húmedo. Los organismos expelen mucho anhídrido carbónico en el proceso de descomposición y esto se produce mientras a su vez la cantidad de organismos aumenta con rapidez. En realidad, es el aumento en el número de los organismos lo que intensifica el anhídrido carbónico. Análogamente, cuando se ha descompuesto la materia orgánica, el número de organismos y la cantidad de anhídrido carbónico expelidos disminuyen rápidamente. Los materiales más resistentes con todo, no decaen con tanta rapidez, se que-

dan en el suelo durante mucho más tiempo.

El material orgánico pardo oscuro o negro del suelo se llama humus. El humus soporta la descomposición según las condiciones en que se formó. Es relativamente estable en los suelos, aunque está sujeto a una desintegración ulterior por sus organismos. La descomposición de la materia orgánica que se añade al suelo de vez en cuando, tiende a mantener el suministro de humus.

Al humus se le atribuye en mucho las condiciones favorables del suelo que se consiguen en gran parte con la adición de materia orgánica. Es de una composición química indefinida, no como el anhídrido carbónico, que es siempre el mismo,  $\text{CO}_2$ . Como las más finas partículas de arcilla, el humus es coloidal: es decir, de naturaleza gelatinosa. Absorbe los gases y retiene los alimentos de las plantas en forma mucho más eficaz que la arcilla.

El color pardo oscuro o negro de muchos suelos se le atribuye al humus. Este es la parte de la materia orgánica que provoca la granulación y mejora por lo tanto la capa de cultivo de los suelos.

Los organismos del suelo simplifican los materiales orgánicos que se agregan a aquél. Entre esos productos simplificados, figuran el anhídrido carbónico, los sulfatos, los fosfatos, el amoníaco y los nitratos. Puede usarse un poco de anhídrido carbónico del aire del suelo pero casi todos los demás productos simples sirven de alimento a las plantas. Así se cultivan éstas. El hombre y los animales usan partes de esos productos y el resto puede retornar al suelo. Allí, sirven para alimentar la vida del suelo y los organismos los vuelven accesibles a las siembras. Por eso, esos alimentos de las plantas son usados repetidas veces.

### 4. *Determinación de los efectos de la materia orgánica sobre los suelos.*

Todos los suelos son beneficiados con las adiciones de materia orgánica. La naturaleza de esos beneficios varía con los suelos: algunos son mejorados más que otros.

*La forma de granulación.*—La materia orgánica como el humus, o forma coloidal, y la arcilla, son esenciales para la granulación o conglomeración de suelos. Este esta-

do se llama a menudo estructura de "migas". Los estiércoles que contienen materia orgánica coloidal se granulan libremente al humedecerse y al secarse. El humus es casi indispensable para la granulación de los suelos arcillosos. Al humedecerse y secarse, y la hinchazón y contracción concomitantes de la materia orgánica, provocan probablemente la granulación en los suelos pesados. La congelación y el deshielo y los organismos del suelo desempeñan su papel en la granulación de los suelos.

*La cohesión de los granos de arena.*—La materia orgánica bien descompuesta puede ser algo gelatinosa y pegajosa. Cuando es húmeda, mantiene juntos los granos de arena. Hasta cuando el suelo se seca, el humus tiende todavía a mantener la arena junta.

*Conservación de la humedad.*—La materia orgánica sólo descompuesta en parte, absorbe el agua y la retiene como una esponja. Algunos materiales de las plantas retienen una cantidad de agua igual a varias veces su propio peso. Los suelos de granos arenosos, los pesados y los arenosos, tienen grandes poros. Si los gránulos resisten la desintegración durante las lluvias, los suelos pesados, como las arcillas permiten que el agua se infiltre o drene fácilmente a través de ellos. Los suelos pesados retiene por lo general el agua, pero los arenosos tienen poros tan grandes que el agua drena fácilmente afuera de ellos. Los trozos de materia orgánica entre los poros le permiten al suelo contener más agua que antes de mezclar con él la materia orgánica. Este efecto sobre la retención de agua es más pronunciado en los suelos de textura fina que en los de textura gruesa. En las regiones cálidas, la materia orgánica decae con tanta rapidez que este efecto sobre la capacidad de conservación del agua no dura mucho.

*Aminoramiento de la erosión del suelo.*—Al ablandar el suelo, la materia orgánica facilita el movimiento del agua que penetra en él. Hay por eso, menos agua que se desagua por la superficie. Los gránulos grandes son movidos con menos facilidad por el agua de drenaje. La materia orgánica gruesa del suelo, igual que las raíces de las plantas, defiende al suelo de la erosión.

*Aumento de la temperatura del suelo.*—El humus u otra materia orgánica vieja, bien descompuesta, dan habitualmente a los suelos un color oscuro. Los colores oscuros absorben y retienen el calor en los días de sol y así aumentan la temperatura del suelo. Además, la materia orgánica estimula la infiltración del agua en el suelo húmedo. Las plantas brotan con más rapidez y crecen más pronto, a principios del otoño y en la primavera, en los suelos oscuros que no en los claros. Esta diferencia de temperatura provocada en gran parte por la materia orgánica que les da a los suelos su color oscuro.

*Estímulo a la acción de los organismos del suelo.*—La materia orgánica es el alimento de muchos de los organismos del suelo. En su mayoría, éstos dependen totalmente de la materia orgánica como fuente de energía. A consecuencia de su esfuerzo por obtener alimento de la materia orgánica, producen ácidos. Esos ácidos atacan la parte mineral del suelo y ponen al alcance de las raíces los alimentos de las plantas.

*Aprovisionamiento de nitrógeno por las plantas.*—La materia orgánica del suelo es la única fuente natural de nitrógeno para las plantas. La mayor parte del nitrógeno que contiene, se hace eventualmente disponible para éstas. En los suelos que no están abonados o fertilizados y no reciben adiciones periódicas de abonos verdes o residuos de las cosechas, se agota rápidamente la materia orgánica activa. En la parte Norte de los Estados Unidos, una pérdida de 1 tonelada anual de materia orgánica por acre es algo corriente. El cultivo que deja al descubierto el suelo, y hasta las buenas prácticas de explotación del suelo, estimulan generalmente la descomposición de la materia orgánica. Esto es natural, ya que el alimento para plantas liberado produce rendimientos acrecentados. Una descomposición demasiado rápida, con todo, lleva a una pérdida del alimento para plantas, así como de la materia orgánica del suelo.

##### 5. *Clasificación de las pérdidas en materia orgánica del suelo.*

El suelo puede perder la materia orgánica de muchas maneras. La materia orgánica recién agregadas es un material activo. Si

no se elimina en otras formas, los organismos del suelo la desintegran para que el suelo la pierda.

*Por erosión.*—Se ha comprobado que el material del suelo desgastado, en las tierras con declive, contiene un porcentaje mayor de materia orgánica que la propia capa superior del suelo. Además, con el agua de desagüe se eliminan trozos de materia orgánica seca. Por eso, la erosión es un agente activo en la pérdida de materia orgánica de los suelos.

*Por el fuego.*—En algunos lugares, los agricultores queman materia orgánica que no tienen un valor comercial inmediato. En ciertas localidades, la paja está en esta categoría; en otras, tiene mucho valor por servir de cama al ganado y para proteger las siembras, como un revestimiento de paja y estiércol. Hay, se quema mucho menos que antaño, y gran parte de esto se hace para beneficio del suelo. La quemazón de materiales como el rastrojo de los cereales de grano fino, los tallos de maíz, la carqueja y el algodón, y materiales, porque como las hojas de la papa, implica una mala explotación del suelo, porque hacen falta para proveer de contenido orgánico a los mismos. Con la combustión, el nitrógeno de los materiales de vegetales es liberado al aire y se pierde totalmente para el suelo. A menos que se sepa que los residuos de las cosechas alberguen insectos dañinos o enfermedades de las plantas, no deben ser quemados sino devueltos al suelo.

*Por la descomposición y la rezumación.*—La descomposición de esas materias orgánicas es natural y necesaria si se desea que las plantas crezcan sobre el suelo. La razón es que éstas necesitan alimentos y esa es la mejor manera de proporcionárselos. Los organismos del suelo provocan la descomposición de los residuos de la cosecha y la liberación de estos valiosos subproductos. Si no hay raíces de plantas presentes para absorberlos, se disuelven en el agua del suelo y se pierden por rezumación en la de drenaje. Existe una acentuada disminución en la pérdida de alimento para las plantas, sobre todo de nitrógeno, en los suelos sembrados, si se la compara con los que carecen de cultivos. Por lo tanto, sembrar es una manera importante de disminuir la

pérdida de los materiales provenientes de la materia orgánica.

*Por siembra.*—El cultivo limpio estimula el proceso de descomposición, si se lo compara con los cereales y pastos o forrajes leguminosos en su crecimiento. Las plantas usan los alimentos puestos a su disposición por los organismos de descomposición y los almacenan en los granos y frutos. En cultivos como el trigo, las hortalizas, el algodón, el tabaco o el repollo, gran parte del producto es vendido por la chacra y no devuelto a la tierra. Por el contrario, las plantas que sirven de alimento en la chacra misma vuelven a la tierra, al menos en parte con el abono y los residuos. El uso de esos materiales por las siembras debe ser estimulado para que produzca buenos rendimientos. Esas pérdidas, con todo, deben compensarse devolviéndole al suelo la materia orgánica.

*Por el barbechamiento.*—El laboreo del suelo en las zonas de cultivo de secano en años alternados, para almacenar parte de la precipitación pluvial de una estación a fin de usarla al año siguiente, se llama barbechamiento. No se permite crecer las cizañas porque consumen una gran cantidad de agua. Durante el año en barbecho, las condiciones son excepcionalmente favorables para la descomposición de la materia orgánica del suelo. En ese periodo, se ha acumulado mucho alimento para plantas, pero cuando llueve suficientemente, parte del mismo se pierde con la lluvia. La precipitación pluvial, con todo, no basta habitualmente para causar una severa rezumación en las zonas de cultivo en secano. Gran parte de la precipitación pluvial del verano cae en forma de copiosos aguaceros en las regiones húmedas, que arrastran mucho del alimento para plantas y materia orgánica disponible. Aún cuando la falta de alimento para las plantas es un problema menor en las zonas secas que en las más húmedas, la materia orgánica debe ser conservada y sus existencias mantenerse.

#### 6. *Devolución de materia orgánica a los suelos.*

La materia orgánica del suelo se produce siempre que las condiciones sean favorables para el crecimiento de las plantas. Por eso,

no hay una manera factible de aumentar repentinamente las existencias de materia orgánica. En realidad, tratar de hacerlo así sería costoso. Son preferibles los agregados frecuentes y moderados de materiales de las plantas a los suelos.

*Con los abonos de chacras.*—El abono de chacra es una fuente excelente de valiosa materia orgánica. El proceso digestivo iniciado por el animal y que ha producido el estiércol es completado fácilmente por los organismos de descomposición del suelo.

*Como residuos de la cosecha.*—Los materiales más o menos carentes de valor que dejan las plantas, se llaman residuos de las cosechas. Entre ellos, figuran el rastrojo y las raíces de los cereales de grano fino, de las siembras de heno, garbanzos y sojas, los tallos del maíz, el algodón, el sorgo, y los restos de las hortalizas. Si la paja no hace falta para servir de cama al ganado, la misma y los materiales similares se consideran residuos. Esos materiales son de tanto valor para el suelo que quemarlos significa habitualmente una mala explotación del mismo.

Los tallos de maíz de una siembra pasada pueden ser gruesas hasta el punto de resultar molestos en el cultivo de un cereal de grano fino y en las siembras de forrajes ulteriores. Es mejor entonces, segarlos antes que destruirlos. A menos que se sepa que los resultados de la cosecha están infestados de insectos destructivos o son portadores de enfermedades, debe mezclárselos con el suelo. El rastrojo y las cizañas que crecen después de los cereales pueden bastar para causar dificultades en los años húmedos. Aún así, es preferible devolver esos materiales al suelo.

Las raíces de las plantas están bien distribuidas a través de la capa superior del suelo y los rastrojos quedan esparcidos sobre la tierra en forma bastante uniforme. De modo que no cuesta trabajo alguno extenderlos sobre la superficie. El rastrojo y las raíces a menudo no son apreciados plenamente. Su peso total, en un crecimiento próspero de los cereales, puede alcanzar hasta una tonelada y media (peso seco) por acre. El rastrojo y las raíces del trébol morado y la alfalfa pueden llegar a dos o tres toneladas por acre y aun más. Esas cantidades de residuos de las siembras

de forraje leguminoso explican el excelente crecimiento de los cultivos que suceden al trébol, la alfalfa y otras leguminosas. El valor a largo plazo de estos residuos, tanto para los suelos como para las plantas, es algo ya bien probado.

*Con el abono verde y las siembras de protección.*—Como las raíces y el rastrojo, el abono verde y las siembras de protección están naturalmente bien distribuidas sobre la tierra. No se usa personal para esparcirlos, como sucede con el abono. Esto, contribuye a mantener en un nivel barato el costo de esas siembras y las hace atractivas para conservar el contenido orgánico del suelo.

*Mediante siembras de pastoreo.*—La explotación de los pastos exige poco trabajo. Los excrementos de los animales quedan bastante bien distribuidos sobre las tierras de pastoreo, pero esparcirlos una vez al año es conveniente desde el punto de vista de los pastos. Los excrementos causan poca pérdida de materia orgánica o de alimento de las plantas. Sobre las tierras de pastoreo, queda algo más de un cuarto a un tercio de la materia seca de los pastajes. En algunos de éstos, un tercio del nitrógeno es devuelto a la tierra. Este rendimiento por acre del abono por pastoreo es a menudo muy superior a la alimentación con heno y cereal. La pérdida de abono que se produce entre su producción y su mezcla con el suelo, resulta entonces relativamente alta.

*Mediante siembras rotativas.*—Es mucho mejor rotar las siembras que cultivar plantas que agotan al suelo o lo dejan al descubierto como el maíz, las papas, el algodón y otras, en forma continua. Por el contrario cultivar alfalfa u otros forrajes perennes que contienen mucho nitrógeno es mejor que una rotación que incluye un año o más de un cultivo limpio. Las plantas de un cultivo limpio como el maíz y el algodón usan abundantemente la materia orgánica: los cereales de grano fino, lo hacen medianamente y algunos pastos usan apenas el contenido orgánico de los suelos. Los forrajes leguminosos en cambio agregan nitrógeno y materia orgánica al suelo. El valor de la rotación varía según las plantas.



Las leguminosas y los pastos son de mayor valor para el suelo y resultan útiles para las siembras que agotan el suelo durante la rotación.

#### 7. Adición de nitrógeno a los suelos.

El nitrógeno constituye las tres cuartas partes del aire de las atmósfera. Las plantas necesitan este elemento en grandes cantidades. Hasta hace poco, resultaba costoso comprar nitrógeno para las siembras de forraje. Probablemente, el nitrógeno les costará pronto a los agricultores menos que antes. Como el nitrógeno abunda, le incumbe al fabricante de fertilizantes y al agricultor fijarlo en forma tal que pueda ser usado en la producción de las cosechas. El nitrógeno se agrega al suelo con la precipitación pluvial, con los organismos del suelo y los fertilizantes, los residuos de las cosechas y los de la chacra.

*Con la lluvia y la nieve.*—El nitrógeno le es aportado al suelo por la precipitación pluvial, pero la cantidad por acre varía un poco. Como término medio durante 11 años, la lluvia y la nieve descargaron 7.9 libras anuales de nitrógeno por acre en Itaca, estado de Nueva York. La cantidad varió de año en año. Fué mucho mayor durante la primera parte del período que después de al lluvia y la nieve, puede esperarse un promedio anual que oscila entre 5 y 7 libras de nitrógeno.

*Con los organismos del suelo no simbióticos.*—Varios tipos de organismos del suelo recogen nitrógeno en una forma u otra y lo dejan en la tierra. Uno de los grupos, trabaja independientemente en el suelo, los miembros de este grupo se llaman organismos no simbióticos. Estos organismos no simbióticos o de vida libre, y que fijan el nitrógeno, obran mejor en los suelos de un pH 6. 0, poco más o menos. Su acción se torna más lenta si la acidez excede mucho el pH. 6. 0.. En otros términos se desempeñan mejor en los suelos de acidez leve. Es lógico esperar de ellos, naturalmente, una exigencia en cal bastante alta. En realidad, esos organismos prosperan en suelos adaptados al cultivo del trébol morado.

Las cantidades de nitrógeno que fijan por acre, anualmente, varían también con otras

condiciones. Como promedio durante 11 años quedaban fijadas en las praderas, 32 libras por acre en la Estación Agrícola Experimental de la Universidad de Cornell. Se determinó una cantidad algo mayor como promedio, durante un período de 20 años, en Rothamsted, Inglaterra. En esos organismos desarrollan también sus actividades en suelos cultivados. En realidad, actúan donde quiera le son propicias las condiciones. Esas adiciones de nitrógeno al suelo se operan sin que se cultive ninguna planta leguminosa. Lo importante desde el punto de vista del agricultor, es que se agregan al suelo cantidades relativamente importantes y valiosas de nitrógeno.

Con el cultivo de leguminosas. Desde hace tiempo, se sabe que las leguminosas fertilizadas con bacterias toman nitrógeno del aire. En los primeros tiempos, se ignoraba cómo lo hacían, pero esto ha sido aclarado. Diminutas plantas llamadas bacterias, viven en unos pequeñísimos nódulos blancuzcos de las raíces de las plantas de leguminosas, fertilizadas con bacterias. Allí, recogen nitrógeno y se lo entregan a la planta huésped a cambio de materiales nutritivos. Por eso, son llamados organismos simbióticos. Las leguminosas longevas como alfalfa y el trébol blanco, fijan más nitrógeno que las de vida breve. Las bienales, como el trébol dulce y buena parte del morado, recogen también grandes cantidades. Las anuales, como las sojas, las arvejas y las habas fijan cantidades menores. Se fija más nitrógeno si las siembras de leguminosas se alternan con cereales que no, si sólo se cultivan leguminosas años tras años.

El trébol morado y el sueco, mezclados, parecen recoger el nitrógeno en forma más efectiva que cultivando cada variedad de trébol separadamente. Si el suelo es poco más o menos igualmente favorable para ambos tréboles, lo mejor es cultivarlos juntos. Los suelos secos y profundos se prestan mejor para el trébol morado que para el sueco. En esas condiciones, no debe esperarse que las mezclas de trébol morado y trébol sueco crezcan tan bien ni fijen tanto nitrógeno como la leguminosa, que está perfectamente adaptada a las condiciones de un suelo.

Puede calcularse que los tréboles morado y sueco y sus mezclas recogerán de 80 a 100

libras de nitrógeno por acre anuales, o más aún. Puede calcularse también que la alfalfa fijará de 150 a 200 libras de nitrógeno anuales por acre.

*Fertilización de leguminosas con bacterias.*—La introducción de las bacterias fijadoras de nódulos en las raíces de estas plantas, se llama fertilización con bacterias. El uso del cultivo "artificial" es el método más fácil de fertilización. Las bacterias son cultivadas y puestas en suelos húmedos y arenosos, o "sembradas" en un material de cultivo en el cual se desarrollan. Ahí, los organismos se multiplican hasta agotarse.

Se recogen los organismos que hay en una pequeña cantidad de agua y se vierte sobre la semilla seca de la leguminosa. Hay que remover varias veces con la pala para distribuir las bacterias sobre todas las semillas. Luego deben secarse las semillas, poco a poco, en la sombra, porque la acción del sol y un secamiento fuerte daña los organismos.

Demasiada exposición a los rayos solares los mata. Cuando la semilla está seca, debe sembrarse en forma usual. Como los organismos tienen vida breve en esas condiciones, la semilla fertilizada con bacterias debe sembrarse durante los primeros tres días de la fertilización.

Las leguminosas han sido distribuidas en grupos que deben fertilizarse siempre por los mismos organismos. La formación de nódulos por los organismos de otro grupo, se llama fertilización cruzada. Recientemente, esos grupos han sido muy ampliados. Si se usan fertilizantes comerciales, es recomendable el empleo de bacterias del trébol morado para el trébol dulce y las de la alfalfa para el trébol dulce y la alfalfa.

*Aumento de los rendimientos mediante la fertilización con bacterias.*—Los agricultores saben desde hace mucho tiempo que la fertilización de las leguminosas aumentan los rendimientos. En algunas condiciones, se obtienen efectos mayores que en otras. Si la acidez del suelo es demasiado alta, la fertilización con bacterias reporta pocos beneficios. Wilson y Leland obtuvieron rendimientos acrecentados fertilizando la semilla tanto en los suelos abonados con cal como en los no abonados. El aumento en rendimiento del trébol morado era de más de un tercio, el de la alfalfa, un séptimo, el de

los frijoles morados, poco más de la décima-cuarto parte, y el de las habas de un quinto. Salvo los frijoles, la fertilización produjo un rendimiento mayor en el suelo no abonado con cal que en el abonado. La fertilización de las habas con bacterias aumentó los rendimientos, salvo en los suelos más pesados. La fertilización mantiene a las habas en un estado tierno y así da un porcentaje acrecentado de las calidades más cotizadas. La producción de un porcentaje mayor de clases de alto precio acrecientan las ganancias y justifica la fertilización. Además, la fertilización aumenta el contenido de nitrógeno y en consecuencia el valor alimenticio de los forrajes leguminosos. Este aumento puede ser hasta de dos tercios sobre el de plantas no fertilizadas. No sólo se mejora el valor alimenticio con la fertilización sino que las raíces y el rastrojo se descomponen con más rapidez debido al contenido superior de nitrógeno. En total, la fertilización produce resultados realmente valiosos, sobre todo si se tiene en cuenta el bajo costo de la misma.

*Como fertilizantes.*—El nitrógeno se aplica a los suelos en crecientes cantidades mediante fertilizantes. Las siembras de plantas alimenticias reciben la mayor parte del nitrógeno usado en los fertilizantes. Si el precio se torna suficientemente bajo, la siembra de plantas no alimenticias obtendrán su parte de nitrógeno. Este cambio podría acrecentar grandemente la cantidad de nitrógeno fertilizante que se aplica actualmente a los suelos.

*En forma de residuos de cosecha y de abonos.*—El nitrógeno se devuelve a los suelos en forma de residuos de plantas, de abonos, de siembras de protección y de abonos verdes. Las cantidades de nitrógeno que vuelven al suelo con esos materiales ayudan mucho a mantener existencias adecuadas.

#### 8. Transformación del nitrógeno en materia orgánica disponible para las plantas.

La materia orgánica y el nitrógeno sufren en el suelo cambios complejos. El nitrógeno estaba presente primitivamente bajo la forma de proteínas al incorporarse al suelo. Los organismos del suelo lo descomponen para obtener sus necesidades y el amoníaco

co es uno de los subproductos. Se transforma en nutritivo y éste a su vez en nitrato. Estos cambios pueden ser ilustrados en la forma siguiente.

Compuestos complejos de nitrógeno. Amoníaco-Nitrato-Nitrato Proteína -  $\text{NH}_3$  -  $\text{NO}_2\text{NO}_3$ .

Debe entenderse que esos materiales nitrogenados se combinan fácilmente con los demás en el suelo. El amoníaco puede formar muy fácil, hidróxido de amonio  $\text{NH}_4\text{OH}$  o carbonato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  y el nitrato y el nitrato se combinan fácilmente con el calcio para formar el nitrato de calcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y el de nitrato de calcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Aunque las plantas usan algún nitrógeno en forma de amoníaco, la mayor parte del nitrógeno de las plantas no leguminosas es asimilado bajo la forma de nitrato.

9. *Aceleración de la descomposición de los residuos de leguminosas y no leguminosas.*

Los residuos leguminosos con el trébol y el rastrojo y las raíces de la alfalfa se descomponen rápidamente en el suelo debido a su gran porcentaje de nitrógeno. Al hacerlo, el nitrógeno y los demás alimentos para las plantas que contienen quedan pronto listos para que los use la siembra siguiente. Los materiales no leguminosos con el rastrojo y las raíces de los pastos y los cereales se descomponen lentamente en el suelo. Es probable que los organismos absorban nitrógeno del suelo, y lo conserven temporalmente para provocar la descomposición de los residuos no leguminosos y abonados con mucha paja. Por este motivo, las plantas que sucen a una leguminosa crecen habitualmente con más rapidez que las que suceden a las no leguminosas. Los rendimientos son por lo general correlativamente mayores después de siembras de forrajes leguminosos como el trébol y la alfalfa que después de siembras de forrajes no leguminosos con el pasto de huerto, el mijo o el pasto de Sudán.

10. *Examen del ciclo del nitrógeno de los suelos.*

El estado natural de los suelos puede considerarse el punto de partida del ciclo

del nitrógeno. El nitrógeno es usado por las plantas y almacenado temporariamente en sus productos. Al mismo tiempo, el nitrógeno se pierde con el drenaje y con la erosión, y parte retona directamente al aire.

El nitrógeno vuelve al suelo con el abono después de nutrida la planta. Análogamente, el nitrógeno de las raíces y el rastrojo queda en el suelo y sobre él. El que es fijado por las leguminosas puede contribuir a compensar diversas pérdidas. El caído con la lluvia compensa probablemente, poco más o menos, la pérdida de nitrógeno que causa el drenaje.

Así, las plantas usan el nitrógeno del suelo. Este alimenta a las plantas y retorna con sus residuos al suelo. Los organismos de éste descomponen esos materiales y tornan disponibles el nitrógeno para la siembra siguiente. Empezando por el suelo y volviendo al suelo, se describe un ciclo complejo. Y así, un ciclo ha seguido al otro durante muchos años.

11. *Conservación de la materia orgánica activa y de nitrógeno en los suelos.*

La conservación de las existencias de materia orgánica activa va de la mano con la conservación de las existencias de nitrógeno en el suelo. La precipitación pluvial, los organismos no simbióticos y las leguminosas, junto con los residuos de las cosechas, los abonos y los fertilizantes, sirven para ayudar a mantener existencias de materia orgánica activa y de nitrógeno en los suelos. Las plantas leguminosas, con todo, son la base de una agricultura extensiva. Ochenta libras pueden considerarse un cálculo muy moderado del promedio anual de fijación del nitrógeno por las leguminosas.

El nitrógeno fertilizante comercial, en el mejor de los casos, sólo aporta unas pocas libras de nitrógeno, por acre de sembradío, en los Estados Unidos.

Diez millones de acres de forraje leguminoso y siembra de pastos son una extensión mucho menor de lo que debieran producir cada año las chacras de ese país. Sin embargo, diez millones de acres, a 80 libras de nitrógeno por acre anuales, hacen 800 millones de libras o sean 400,000 toneladas de nitrógeno. Esta cantidad excede la ca-

pacidad calculada de producir nitrógeno fijado en los Estados Unidos antes de la segunda guerra mundial. Es demasiado temprano aún para saber qué tonelaje de nitrógeno se producirá durante los años próximos.

Sabemos, con todo, que se cultivará una superficie muy aumentada de leguminosas en las chacras de la Unión. Falta mucho para que la producción del nitrógeno comercial pueda alcanzar el total que es fijado en sus henaes leguminosos. El uso del producto de las fábricas comerciales, fijadoras de nitrógeno, deberá aliviar el problema, de la conservación de una cantidad adecuada de nitrógeno para las plantas y compensar al mismo tiempo las pérdidas naturales del nitrógeno de los suelos.

### SINTESIS

1. La materia orgánica natural de los suelos proviene principalmente de las plantas silvestres que cubrían la tierra. Las partes de las plantas que estaban sobre la superficie contribuyeron en algo, igual que los animales, indirectamente.

2. La materia orgánica varía ampliamente en sus proporciones de carbono y nitrógeno. Las pajas de los cereales contienen un alto porcentaje de carbono y uno bajo de nitrógeno. Las especies de leguminosas, por el contrario, contienen un porcentaje relativamente mayor de nitrógeno que las pajas. Esto explica el hecho de que el rastrojo y las raíces de plantas como el trébol, la alfalfa y otras plantas leguminosas se descomponen con mayor rapidez que las de los cereales.

3. El amoníaco, y finalmente los nitratos, el anhídrido carbónico y el humus, figuran entre los productos más útiles de la descomposición de la materia orgánica.

4. La materia orgánica provoca la granulación de los suelos pesados, tiende a mantener unidos los granos de arena, retiene la humedad y disminuye la erosión, tiende a aumentar la temperatura de los suelos, estimula la acción de los organismos del suelo y, al descomponerse, les proporciona nitrógeno a las plantas.

5. Los suelos pueden perder la materia orgánica por erosión, a causa del fuego de la descomposición y rezumación, por las cosechas y el barbechamiento.

6. La materia orgánica puede ser devuelta al suelo bajo la forma de abonos de chacra, de residuos de cosechas, abonos verdes de protección, de pastos y rotación de los cultivos.

7. Se puede añadir nitrógeno a los suelos recogiendo la precipitación pluvial, mediante la acción de organismos que vivan libremente en la tierra, con el cultivo de leguminosas fertilizadas con bacterias y la incorporación al suelo del abono que habrá de alimentarlas, con el uso de fertilizantes que contengan nitrógeno y agregando residuos de cosechas y abonos verdes y de chacra. Para ser más eficaces al agregar nitrógeno, los abonos deben ser protegidos de la resumación por las lluvias.

8. Para que el nitrógeno pueda ser accesible a las plantas, debe descomponerse. La conservación del suelo en buenas condiciones para producir siembras, les ayuda a los organismos en la labor de desintegrar la materia orgánica. Los organismos toman de la materia orgánica lo que necesitan para crecer; el amoníaco y los nitratos son subproductos de la acción de esos organismos.

9. El nitrógeno pasa por un ciclo más o menos definido. Con la ayuda de ciertas bacterias, las leguminosas, obtienen nitrógeno del aire, del suelo. Las plantas son cosechadas y se dan como alimento a los animales de las chacras y su excremento es devuelto al suelo. Ahí, el abono se descompone, y el nitrógeno y demás alimentos de las plantas que contienen son liberados para que las plantas vuelvan a usarlos. Una parte del nitrógeno puede ser vendido con las plantas en sí. Otra porción se agrega directamente al suelo en las raíces y el rastrojo, y parte en los abonos verdes y siembras de protección. Parte del nitrógeno, naturalmente, vuelve al aire, y el resto lo pierde el suelo con el agua de drenaje.

10. Consévese la materia orgánica lo mejor posible. Es esencial en los suelos productivos, que por sí solos raras veces mantienen rendimiento elevado de los cultivos.