

TEMA 17^o

Fertilización (I)

Fertilización

Elementos nutritivos

- 16 elementos químicos ==> esenciales para la vida de las plantas ==> falta alguno ==> desarrollo anormal.
- C, O₂, H ==> suministrados por el aire y el agua.
- N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B, Cl ==> suministrados por el suelo ==> elementos nutritivos.
- Si ↓ % elementos nutritivos ==> **aportar** fertilización ==> **productos** fertilizantes

Fertilización

↗ 1os necesitan ↑ % ==> la planta necesita + que lo que hay en suelo

↗ N
→ P
↘ K

E.N. → 2os consumen ↑ % ==> hay en el suelo ==> ↓ o no aportaciones

↗ Ca
→ Mg
↘ S

↗ Olig.necesitan ↓ % =====> no hay que hacer aportaciones salvo excepciones

↗ Fe
↗ Mn
↗ Zn
→ Cu
↘ Mo
↘ B
↘ Cl

Ciclo de los elementos nutritivos

Ciclo de los elementos nutritivos

- en un ecosistema natural (bosque, monte), los E.N. forman un ciclo cerrado
 - ↗ son extraídos del suelo por las plantas
- E.N. en un ciclo cerrado → son devueltos al suelo con los residuos vegetales, o pasan a los animales que consumen las plantas.
 - ↘ son devueltos al suelo con las defecaciones y los cadáveres de los animales.

¿ porque salen los elementos nutritivos fuera del ecosistema ?

- Se volatilizan a la atmósfera.
- Son lavados por el agua que pasa a zonas profundas.
- Se pierden por erosión producida por el agua y el aire.

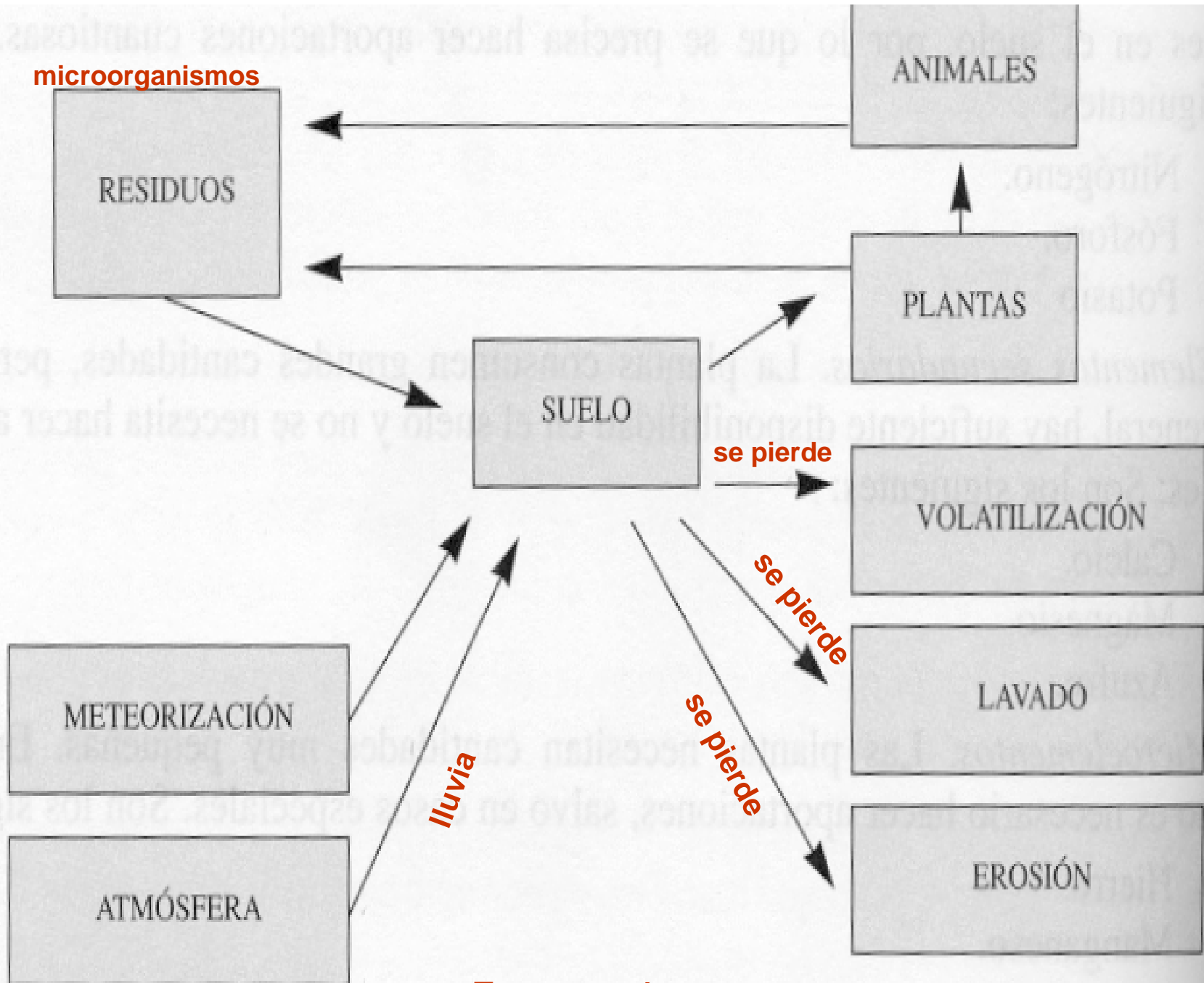
Ciclo de los elementos nutritivos

¿Estas salidas de elementos nutritivos con que aportaciones se compensan ?

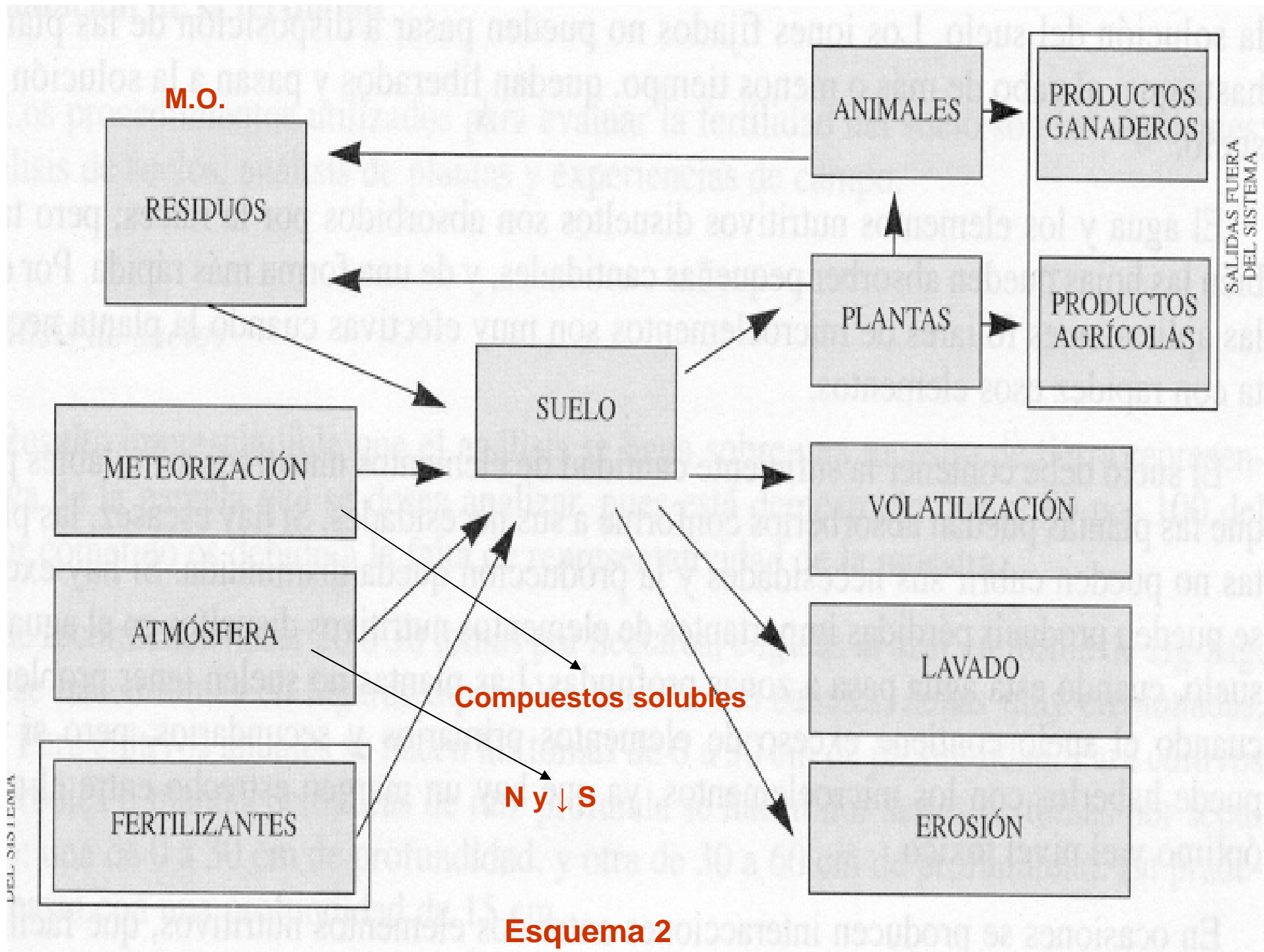
- Procedente de la descomposición de las rocas del suelo (meteorización).
- Aportaciones desde la atmósfera, que se hacen efectivas por medio de la lluvia o por intermedio de algunos microorganismos (**esquema 1**).
- Un sistema cultivado (agrosistema) no es un ciclo cerrado, porque muchos elementos nutritivos salen del sistema en forma de productos agrícolas y ganaderos. Para compensar estas salidas hay que aportar elementos nutritivos por medio de la fertilización tal como se refleja en el esquema 2.

microorganismos

APORTACIONES



Esquema 1



Esquema 2

Condiciones de asimilación de los elementos nutritivos

Las plantas absorben los elementos nutritivos disueltos en el agua del suelo, que proceden de tres fuentes:

- *De las rocas*, que al descomponerse a lo largo del tiempo se transforman en compuestos solubles.
- *De la atmósfera*. De esta fuente proceden el nitrógeno (no existe roca nitrogenada) y una pequeña parte del azufre.
- *De la materia orgánica*. Los elementos procedentes de las rocas y del aire que han sido asimilados por los seres vivos, pasan de nuevo a disposición de las plantas cuando mueren esos seres vivos.

Los elementos nutritivos están en condición de *asimilables* cuando pueden ser absorbidos por las plantas.

Una gran parte de los elementos nutritivos del suelo no pueden ser asimilados, porque están contenidos en compuestos insolubles.

Pasado un tiempo, esos compuestos insolubles se transforman en compuestos solubles, que en última instancia se descomponen en iones, y bajo esta forma son asimilados por las plantas.

Condiciones de asimilación de los elementos nutritivos

- Los iones pueden estar contenidos en la solución del suelo o pueden estar retenidos por la arcilla y la materia orgánica del suelo. Esta retención puede ser de dos formas:
- El agua y los elementos nutritivos disueltos son absorbidos por la raíces; pero también las hojas pueden absorber pequeñas cantidades, y de una forma más rápida \implies aplicaciones foliares de microelementos son muy efectivas cuando la planta necesita con rapidez esos elementos.
- El suelo debe contener la suficiente cantidad de elementos nutritivos asimilables para que las plantas puedan absorberlos conforme a sus necesidades.
- \downarrow % E.N. \implies planta no puede cubrir sus necesidades $\implies \downarrow$ Rtos
- \uparrow % E.N. \implies pérdidas importantes de E.N. disueltos en el agua del suelo, cuando esta agua pasa a zonas profundas.

Condiciones de asimilación de los elementos nutritivos

- Las plantas no suelen tener problemas cuando el suelo contiene exceso de elementos primarios y secundarios, pero sí que puede haberlos con los microelementos, ya que hay un margen estrecho entre el nivel óptimo y el nivel tóxico.
- **Sinergismo** = uno de los elementos provoca una acción excitante sobre la absorción del otro (N y K).
- **Antagonismo** = concentración excesiva de uno de los elementos dificulta la absorción del otro (excesiva concentración de K, ocasiona deficiente absorción del Mg).

Fertilidad del suelo

Es la capacidad que presenta para suministrar elementos nutritivos a las plantas.

¿ de que depende la fertilidad natural de un suelo ?

- de su capacidad de retener a los elementos nutritivos durante cierto tiempo, para ponerlos a disposición de las plantas conforme a sus necesidades nutritivas y, de esta forma, disminuir las pérdidas por lavado.

¿ de que otros factores ?

- de la composición de la roca originaria (que influye en una mayor o menor riqueza del suelo en elementos nutritivos)
- de las pérdidas por volatilización y por erosión (que en algunos casos pueden ser importantes).

Fertilidad del suelo

¿ de que depende la capacidad del suelo para retener ciertos elementos nutritivos ?

- de su capacidad de intercambio catiónico =====> condicionada al % arcilla y humus =====> conservar o aumentar la fertilidad del suelo =====> consiste aportar materia orgánica, que es la fuente del humus.

Evaluación de la fertilidad

Los métodos son:

Análisis de suelos

- se hace sobre una muestra de tierra representativa de la parcela que se desea analizar
- Se recomienda hacer 20 ó 30 tomas/ha, cogidas al azar en forma de zig-zag.
- Para cultivos anuales se hacen las tomas de 0-30 cm de profundidad. Para cultivos de árboles o plantas herbáceas de raíz profunda se hacen dos series de tomas por separado: una de 0-30 cm de profundidad, y otra de 30-60 cm de profundidad. En praderas basta con una profundidad de 15 cm.
- Todas las tomas correspondientes a la misma serie (de 0 a 30 cm, o de 30 a 60 cm) se mezclan bien, y de la mezcla se separa un kg de tierra, aproximadamente, que constituye la muestra representativa de la parcela. Esta muestra se deja secar al aire y se envía al laboratorio convenientemente etiquetada.

Evaluación de la fertilidad

- Los análisis de suelos bien hechos e interpretados son fundamentales para hacer un buen abonado, ya que dan a conocer la disponibilidad de elementos nutritivos asimilables, lo que permite abonar de forma más ajustada a las necesidades de los cultivos.
- Resultan imprescindibles en la implantación de nuevos cultivos, para poder elegir los patrones o variedades más adecuadas a las condiciones del suelo.
- Se aconseja hacer un análisis ante de un cambio importante de orientación productiva (nuevo regadío, plantación de frutales, etc.).
- Los análisis se efectúan cada 3 o 4 años, con la finalidad de hacer un seguimiento de la fertilidad del suelo. En caso de cultivos anuales, la época más conveniente de hacer el análisis es la comprendida entre dos cultivos.

Evaluación de la fertilidad

- Es más útil en plantas anuales cuyas raíces se desarrollan en la capa arable. En cultivos de frutales ya implantados es más conveniente el análisis foliar.

Las determinaciones más frecuentes son:

- textura, estructura, materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, acidez, salinidad, carbonatos, caliza activa, relación carbono/nitrógeno, nitrógeno, fósforo y potasio.

Evaluación de la fertilidad

Análisis de las plantas

- Puede eliminar muchos inconvenientes que presenta el análisis del suelo, eligiéndose para ello la hoja, por ser el órgano donde se realiza la fotosíntesis y se regula el trasiego de nutrientes.

Inconvenientes:

- el contenido de un determinado elemento en las hojas varía mucho a lo largo del ciclo vegetativo, de tal forma que un determinado valor puede significar normalidad o deficiencia, según el período que se considere.

Nivel crítico = contenido de un determinado elemento, por encima del cual la planta no responde positivamente a un incremento de ese elemento.

- Un contenido por debajo del nivel crítico afecta a la productividad, sin que se aprecien síntomas visuales de deficiencia, y únicamente cuando la deficiencia es extrema aparecen esos síntomas visuales.

Experiencias de campo

- sirven para comprobar la eficacia de los diferentes métodos de análisis, y también para ver la respuesta del cultivo ante el suministro creciente de elementos nutritivos.

Fertilización

aportación de productos (enmiendas) que suministran elementos nutritivos disponibles para las plantas en un plazo más o menos corto.

¿ cual es su finalidad ?

mantener o aumentar la fertilidad del suelo, para lo cual hay que suministrar productos que aportan elementos nutritivos y/o favorezcan la capacidad del suelo de retener temporalmente esos elementos.

¿ que es una enmienda ?

aportación de productos cuyo fin primordial es mejorar ciertas cualidades del suelo (la enmienda orgánica tiene por finalidad primordial aumentar el contenido de humus del suelo; la enmienda caliza tiene por finalidad primordial rebajar la acidez del suelo).

¿ como se mantiene la fertilidad de un suelo ?

la salida de elementos nutritivos fuera del sistema tiene que ser compensada por las aportaciones desde fuera del sistema.

Fertilización nitrogenada

debe adaptarse a las necesidades de cada cultivo a lo largo de su vida vegetativa.

¿ como se calcula la dosis de nitrógeno a aportar ?

- se determina la cantidad de N que hay en el suelo en la época anterior a las mayores necesidades del cultivo. La cantidad de N que se debe aportar será la diferencia entre las necesidades del cultivo y las existencias disponibles en el suelo.

Dosis = Necesidades del cultivo - Existencias disponibles.

Las necesidades del cultivo se calculan mediante la **Tabla 1**. Por ejemplo, si cada Tn de trigo extrae del suelo 28 kg de N, una producción de 4 Tn/Ha necesita $4 \times 28 = 112$ kg de N/Ha.

Para conocer la cantidad de N disponible en el suelo se puede hacer un análisis del suelo; pero lo más usual es hacer un balance, estimando las entradas y salidas del N en el suelo en la época anterior al cultivo.

TABLA 1

Extracción de elementos nutritivos (Kg/Ha y por unidad de producción)

Cultivo	Unidad producción	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Cereales	Tm grano	28	14	20
Trigo	Tm grano	24	11	21
Cebada	Tm grano	30	14	36
Avena	Tm grano	19	13	18
Centeno	Tm grano	22	8	23
Arroz	Tm grano	28	11	23
Millo	Tm grano	35	14	33
Sorgo	Tm grano			
Leguminosas	Tm grano	50*	20	32
Judía	Tm grano	52*	16	39
Haba	Tm grano	50*	16	60
Garbanzo	Tm grano	50*	15	36
Guisante	Tm grano			
Raíces y Tubérculos	10 Tm tubérculos	35	16	65
Papa	10 Tm raíces	45	16	65
Remolacha				
Industriales	Tm fibra	100	80	84
Algodón	Tm hoja	70	12	100
Tabaco	Tm semilla	50	18	100
Girasol	Tm grano	90*	25	42
Soja	Tm grano	44	25	24
Colza	10 Tm caña	16	8	30
Caña azúcar				

TABLA 1

Extracción de elementos nutritivos (Kg/Ha y por unidad de producción)

Forrajeras	1 Tm heno	28*	8	24
Alfalfa	1 Tm heno	22*	9	20
Pradera artificial	1 Ha	130	35	110
Pradera natural	10 Tm forraje	30	12	33
Millo				
Frutales	10 Tm fruto	35	12	48
De hueso	10 Tm fruto	30	10	40
De pepita	10 Tm fruto	28	12	38
Cítricos	Tm fruto	9	4	12
Viña				
Hortícolas	10 Tm	35	8	50
Tomate	10 Tm	38	8	50
Pimiento	10 Tm	40	11	60
Zanahoria	10 Tm	35	15	70
Lechuga	10 Tm	30	10	32
Cebolla	10 Tm	40	16	50
Coliflor	10 Tm	35	10	45
Melón	10 Tm	15	16	16
Calabaza	10 Tm	110*	25	82
Judía verde	10 Tm	100*	25	82
Haba verde				

* La mayor parte del nitrógeno extraído procede del atmosférico fijado por el *Rhizobium*

Fertilización nitrogenada

Las entradas proceden de los siguientes procesos:

- Nitrógeno procedente de la mineralización del humus.
- Nitrógeno procedente de los residuos de la cosecha anterior.

Las salidas se producen por los siguientes procesos:

- Nitrógeno que se pierde arrastrado por el agua de percolación.
- Nitrógeno que se pierde en forma de gases que pasan a la atmósfera.

Fertilización fosforada

- El P es retenido por el suelo con mucha facilidad, con lo cual se puede constituir una reserva importante en el suelo, desde donde las plantas lo toman conforme a sus necesidades, sin riesgo de que se pierda arrastrado por el agua de percolación.
- Su objetivo fundamental es elevar el nivel de P en el suelo, cuando el contenido es bajo, y mantenerlo cuando ya se ha alcanzado el nivel deseado.
- En suelos con un buen nivel de fósforo se tratará de mantenerlo mediante una *dosis de mantenimiento*. En suelos pobres en fósforo, además de la dosis de mantenimiento se aportará una *dosis de enriquecimiento*, con el fin de aumentar su contenido.
- La dosis de mantenimiento será igual a la cantidad extraída por la cosecha (**Tabla I**), incrementando esa cifra en un 50%, para compensar las pérdidas.

Fertilización fosforada

- La dosis de enriquecimiento consistirá en aumentar la dosis de mantenimiento en las siguientes cantidades por hectárea:
- En suelos arenosos no calizos: 40-60 kg de P_2O_5
- En suelos francos no calizos y en arenosos calizos: 50-70 kg de P_2O_5
- En suelos arcillosos no calizos: 60-80 kg de P_2O_5
- En suelos francos y arcillosos calizos: 80-100 kg de P_2O_5

Fertilización potásica

- el comportamiento del K en el suelo es muy parecido al del P.
- Cuando el contenido de K en el suelo es suficiente, se aplica una dosis de mantenimiento, que será igual a la cantidad extraída por la cosecha (**Tabla 1**).
- En suelos pobres en potasio, además de la dosis de mantenimiento, se aportará una dosis de enriquecimiento, que consistirá en las siguientes cantidades por hectárea:
 - En suelos arenosos: 50-70 kg de K_2O
 - En suelos arcillosos: 90-120 kg de K_2O

Equilibrio de la fertilización

- Las primeras unidades de fertilizante aplicadas son las más eficaces.
- Dosis excesivas de nitrógeno $\implies \downarrow$ producción.
- En oligoelementos $\implies >$ Rtos. con \downarrow dosis $\implies \uparrow$ dosis \implies inhibición.

Los Fertilizantes

sustancias que contienen una cantidad apreciable de elementos nutritivos en forma asimilable por las plantas.

Según su origen:

- *Minerales o químicos*. Son productos obtenidos por procesos químicos. Se les suele llamar abonos.
- *Orgánicos*. Son productos que proceden de la materia orgánica vegetal o animal.

Según que contengan uno o varios elementos primarios:

- *Simples*. Contienen un elemento primario. Se llaman *nitrogenados, fosfóricos o potásicos*, según que contengan, respectivamente, N, P o K.
- *Compuestos*. Contienen dos o tres elementos primarios. Se llaman *binarios* si contienen dos elementos, y *ternarios* si contienen tres elementos.

Los Fertilizantes

Los abonos compuestos, a su vez, pueden ser:

- *de mezcla*, cuando resultan de la mezcla de abonos simples,
- *complejos*, cuando se obtienen mediante reacción química. En los abonos complejos, los elementos nutritivos están contenidos de forma más uniforme que en los abonos de mezcla.

Según su estado físico, los abonos pueden ser:

Abonos sólidos

- *En polvo*. Su manejo resulta molesto, entorpecen el funcionamiento de las abonadoras y se producen pérdidas cuando su distribución se hace con viento.
- *Cristalina*. Su distribución resulta aceptable. Se utilizan poco.
- *Granulado*. La forma de gránulos permite una buena manipulación y distribución en el campo. Los gránulos tienen un tamaño entre 1 y 4 mm.
- *Perlado*. Tiene forma de pequeñas esferas de tamaño muy uniforme.
- *Macrogranulado*. Los gránulos tienen un tamaño de 1 a 3 cm de diámetro.

Los Fertilizantes

Abonos líquidos

- *Soluciones claras sin presión.* Contiene uno o varios elementos nutritivos disueltos en agua.
- *Soluciones con presión.* Contienen productos nitrogenados disueltos en agua, en una concentración elevada y sometidos a una presión superior a la atmosférica, por lo que necesitan equipos especiales para su manipulación.
- *Suspensiones.* La elevada concentración del elemento nutritivo no permite la disolución total, por lo que se mantiene en suspensión en el agua mediante la ayuda de arcilla. Para que el producto aplicado sea homogéneo hay que agitarlo periódicamente.

Los Fertilizantes

Abonos gaseosos

- El único abono que se aplica de esta forma es el amoníaco anhidro, que es líquido cuando está sometido a presión y se vaporiza en el momento de la aplicación. Tiene una concentración muy elevada. Requiere unos equipos especiales para su manejo y aplicación en el suelo.

Riqueza de un abono

Las necesidades nutritivas de las plantas y el contenido de elementos nutritivos de un abono se expresan en unidades fertilizantes.

Las unidades fertilizantes de los elementos primarios son las siguientes:

- La unidad fertilizante del nitrógeno es un kilogramo de nitrógeno.
- La unidad fertilizante del fósforo es un kilogramo de anhídrido
- La unidad fertilizante del potasio es un kilogramo de óxido de potasio

En la práctica, muy corrientemente se dice que un abono tiene una determinada riqueza en fósforo o potasio ==> riqueza está dada en anhídrido fosfórico y en óxido de potasio.

Riqueza de un abono

En el caso de los elementos secundarios y los microelementos se tornan como unidades fertilizantes a los propios elementos considerados (S para el azufre, B para el boro, Fe para el hierro, etc.), salvo en el calcio y el magnesio cuyas unidades fertilizantes son:

- para el calcio: óxido de calcio (CaO).
- para el magnesio: óxido de magnesio (MgO).

¿ que es riqueza o concentración de un abono ?

kg de unidades fertilizantes contenidas en 100 kg de abono.

- La riqueza de un abono compuesto se expresa con tres cifras, que indican los porcentajes correspondientes a las unidades fertilizantes (N-P-K).

- Cuando el abono no contiene alguno de los tres elementos se pone un cero en el lugar (16-48-0) indica por cada 100 kg de producto: 16 kg de N, 48 kg de fosfórico, 0 kg de potasa

- Cuando el abono compuesto contiene, además, elementos secundarios o microelementos, se añaden las cifras correspondientes a estos elementos, indicando al lado de cada una de estas últimas cifras la fórmula del elemento correspondiente. Por ejemplo, el abono 8-24-16-2 Mg-0,2 B contiene, por cada 100 kg:

8 kg de N
24 kg de fosfórico
16 kg de potasa
2 kg de MgO
0,2 kg de B

¿ que es riqueza o concentración total de un abono compuesto ?

- contenido total de unidades nutritivas (el abono 8-24-16 tiene una riqueza total de $8+24+16 = 48$ kg de unidades fertilizantes por cada 100 kg de abono).

¿ que es equilibrio de una abono compuesto ?

- relación que existe entre los tres elementos primarias, tomando como referencia la riqueza en N (el compuesto 8-24-16 tiene un equilibrio 1: 3: 2, que resulta de dividir por 8 las cifras anteriores).