

# ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

Anal. Edaf. Tomo XVIII. Número 6. Págs. 417-504

Madrid, Junio 1959

# ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL

Publicados por el INSTITUTO DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con la colaboración de:

Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza.      Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.  
Instituto de Aclimatación. Almería.      Misión Biológica de Galicia. Pontevedra.  
Instituto de Biología del Tabaco. Sevilla.      Sociedad Española de Ciencia del Suelo.  
Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas.      Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones.

Ejemplar..... 20 pesetas  
Suscripción anual (doce números).. 160 »

Toda la correspondencia a:

ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL  
Serrano, 113. Madrid (España).

TOMO XVIII

NÚMERO 6

## SUMARIO

	Págs.
Sustancias orgánicas y fosfatos cálcicos utilizados para aumentar la fertilidad, por <i>N. R. Dhar</i> ... ..	417
Estudio comparativo del contenido en manganeso de rocas, arenas y materiales arcillosos, por <i>R. Gallego</i> y <i>C. Bueno</i> ... ..	463
El cobre y el magnesio en suelos y plantas, determinado por el método biológico del <i>Aspergillus niger</i> , por <i>Augusto García Sánchez</i> y <i>Ramón Dios Vidal</i> ... ..	473
Noras.—I Congreso Mundial de la Investigación Agronómica ... ..	497
Conferencia del Profesor Dr. Carlo Ferrari en el Instituto de Edafología de Madrid... ..	499
IX Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física y Química y VII de los Institutos de Física y Química del Consejo Superior de Investigaciones Científicas ... ..	500
Colegio Internacional de Ciencias Naturales... ..	500
Coloquio España-Unesco sobre las relaciones entre el agua y las plantas en condiciones áridas y semiáridas... ..	501
III Simposio Internacional de «Agroquímica» sobre el problema del nitrógeno en Agricultura ... ..	502
Investigadores ... ..	502

# SUSTANCIAS ORGANICAS Y FOSFATOS CALCICOS UTILIZADOS PARA AUMENTAR LA FERTILIDAD

por

N. R. DHAR (\*)

Todos sabemos que al establecerse el hombre nómada con sus animales por primera vez y empezar a cultivar la tierra, utilizó el estiércol de estos animales para la producción agrícola. El hombre ha sabido hacer uso de la fertilidad de la tierra debida a las hojas de los árboles y a las hierbas, pero con frecuencia la ha desaprovechado. Según parece, en el período greco-romano se utilizaba el altramuz para fertilizar y tan sólo hace cien años que, en los países avanzados industrialmente, se utilizan los fertilizantes químicos para el cultivo, pero las cantidades utilizadas son todavía insuficientes, como puede verse por las cantidades de nitrógeno inorgánico aplicado por cada acre en 1937: Bélgica (28,5 libras), Holanda (24,8), Alemania (15,6), Dinamarca (10,3), Noruega (6,0), Suecia (5,24), Italia (4,3), Francia (4,0), El Reino Unido (2,5), Estados Unidos de América (1,36), Polonia (0,73), Hungría (0,15). En el Extremo Oriente, que es donde subsiste la mayor parte de la población mundial, los fertilizantes artificiales se desconocen prácticamente, excepto en el Japón y en Taiwan.

Aunque la materia orgánica se haya utilizado como abono desde tiempo inmemorial y aun hoy en día deba atribuirse el 95 por 100 de la producción de alimentos del mundo al nitrógeno del humus de la tierra, incluyendo el nitrógeno obtenido de la lluvia y de la nieve, todavía no se han captado debidamente las funciones de las materias orgánicas en el suelo. Nosotros hemos demostrado después de llevar a cabo cuatro investigaciones, que las materias orgánicas pueden fijar

---

(\*) Conferencia pronunciada en el Instituto de Edafología (Sala de Actos del C. S. I. C.), el día 27 de octubre de 1958.

el nitrógeno atmosférico al suelo y preservar el que haya en él. Es interesante señalar que desde los tiempos antiguos, existen dos puntos de vista en lo concerniente a las materias que son eficaces en la nutrición de las plantas. Bernard Palissy (1510-1589), Bacon (1561-1626), Glauber (1604-1668), Boyle (1627-1691) y especialmente Liebig (1803-1873), apoyaron la teoría presentada por primera vez por Paracelsus (1493-1541), de que las sales son los verdaderos alimentos de las plantas. Por otra parte, hubo varios científicos famosos, especialmente Home (1719-1813), Wallerius (1709-1785), Thaer (1752-1828), T. de Saussure (1767-1845), Davy (1778-1829), De Candolle (1778-1880), Berzelius (1779-1848), Mulden (1802-1880) y otros, que abogaban por la doctrina aristotélica de que las plantas se nutren por medio de las materias orgánicas del suelo. A Lavoisier (1743-1794), el fundador de la Química y de la Fisiología, le impresionó lo valiosas que son las hierbas como fertilizantes de la tierra, y estudió también la operación de los nitrates en tierras ricas en materias orgánicas en estado de descomposición.

La reunión de 1949 de la «British Association for the Advancement of Science», presidida por Sir John Russell, atribuyó tan sólo un 3 por 100 de la producción de alimentos del mundo entero a los fertilizantes nitrogenados artificiales. A este respecto, *Nature* (164 (1949), 597) declaró lo siguiente: «Actualmente tan sólo un 3 por 100 de la producción mundial de alimentos puede atribuirse al empleo de fertilizantes nitrogenados. El elevar los alimentos en un 10 por 100, es decir, 100 millones de toneladas, supone el aumentar el cuádruple el abastecimiento de nitrógeno, lo que supondría a su vez un coste aproximado de mil quinientos millones de libras esterlinas. En llevar esto a cabo se tardaría un mínimo de quince años.»

Actualmente se fabrican en el mundo de 6 a 7 millones de toneladas de nitrógeno sintético, del cual el 85 por 100 es una síntesis directa del amoníaco y un 15 por 100 de cianuro cálcico. Aproximadamente el 80 por 100 del consumo de nitrógeno, es nitrógeno fijado artificialmente. Un 10 por 100 proviene del nitro de Chile y otro 10 por 100 del amoníaco de carbón. Pero los métodos industriales para fijar el nitrógeno no son eficientes, ya que los procedimientos de Haber-Bosch y de cianuro son eficaces tan sólo en un 8 ó 10 por 100, de aquí que la industria de fijar el nitrógeno no progresa rápidamente y que el precio del nitrógeno sea más elevado que el del fosfato y el de la potasa. En 1950 la producción europea de nitrógeno fijado no superaba más que en un 3 por 100 a la de 1938, que era de 3,45 millones de toneladas, mientras que la de los superfosfatos la superaban en un 15 por 100. Además, hay que tener en cuenta que los países atrasados industrialmente encuentran difícil el construir fábricas para fijar nitrógeno, pues las cifras que a

continuación se dan indican cuán grande es el capital que hay que invertir en los distintos tipos de fábricas de amoníaco sintético, para producir 100 toneladas diarias:

	Gas natural	Aceite combustible	Carbón	Gas de coquización	Gas de reformador catalítico
Capital en dólares.....	3.950.000	4.098.000	4 248.000	3.620.000	2.980.000

En una reciente publicación (1956) acerca de «Observaciones sobre el plan para el abastecimiento del fertilizante de nitrógeno», el Prof Tinbergen y otros, del Instituto Económico de los Países Bajos, Rotterdam, han declarado que la demanda mundial de este fertilizante, se espera sea de 8,1 millones de toneladas en 1960-61; de éstas, 3,1 millones serán para Europa y 2,4 millones para los Estados Unidos. También llegaron a la conclusión de que el consumo de nitrógeno por acre de tierra está en proporción directa con la densidad de población de un país.

Está calculado que la cantidad de alimentos que se producen en el mundo asciende a 1.100 millones de toneladas, 650 millones de toneladas de cereales y 450 millones de toneladas de otros productos. Como solamente se recupera en las cosechas el 25 por 100 del nitrógeno aplicado, son aproximadamente 100 millones de toneladas de nitrógeno fijado lo que se necesita para los alimentos producidos en el mundo, pero como la industria química no puede proveer más que 5 ó 6 millones de toneladas, resulta que la tecnología es incapaz de hacer frente al problema de la alimentación mundial. Además, en una reciente publicación (1957) sobre «Usos industriales del nitrógeno» de la Agencia Europea de Productividad de la Organización Europea de Cooperación Económica, aparecen las líneas siguientes: «Como la demanda de nitrógeno para los usos tradicionales (especialmente para fertilizantes nitrogenados) ha superado a la producción, los productores están buscando nuevas salidas». Parece, por tanto, que debido al elevado coste de los fertilizantes nitrogenados, los agricultores encuentran anti-económico el utilizar para sus cosechas las cantidades necesarias de nitrógeno. Este punto de vista lo corroboran las siguientes cifras de consumo en varios países del mundo:

*Consumo en kilogramos por cada hectárea de tierra  
cultivada en 1956-57*

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Austria.....	11.5	19.2	21.0
Bélgica.....	52.5	54.5	83.2
Dinamarca.....	29.6	32.2	51.6
Francia.....	14.4	25.6	22.6
Alemania Occidental.....	35.1	37.2	61.4
Grecia.....	12.1	9.7	1.3
Islandia.....	85.9	43.8	34.4
Irlanda.....	3.2	12.8	8.5
Italia.....	14.7	24.8	3.2
Luxemburgo.....	28.0	36.9	35.5
Países Bajos.....	79.0	47.4	73.3
Noruega.....	38.1	36.0	47.3
Portugal.....	10.5	15.1	1.6
Suecia.....	22.4	28.9	24.8
Suiza.....	10.1	34.8	18.5
Turquía.....	0.4	0.8	0.04
Reino Unido.....	23.5	31.1	23.8
<i>Media del área de la O. E. C. E.</i> .....	<i>16.8</i>	<i>22.1</i>	<i>20.5</i>
España.....	9.5	14.1	3.0
Estados Unidos.....	4.2	4.6	4.0

Según parece, en Rusia hay escasez de fertilizantes químicos, aunque hay 71 fábricas para producirlos. Las cifras siguientes dan una idea del consumo de nitrógeno en kilogramos por hectárea de terreno, que en 1955 tuvo lugar en algunos países de la Europa oriental y en Asia.

Alemania Oriental (31,6), Polonia (10), Checoslovaquia (5), Japón (109,6), Taiwan (86,7), República de Corea (54,1), Ceilán (18,4), Filipinas (5,6), China (2,3), Indonesia (2,0), India (1,0), Pakistán (0,3). Estas cifras del reciente consumo indican claramente que excepto en Japón, Taiwan, Corea, Bélgica, Islandia y los Países Bajos, la aplicación del nitrógeno en forma de fertilizantes nitrogenados es baja, pues únicamente los países pequeños, con una gran densidad de población, se ven obligados a utilizar gran cantidad de nitrógeno químico, especialmente para los cereales. El Japón utiliza también 1,75 toneladas de abono humano por acre.

Se tiene informes de que en los Estados Unidos se fijan dos millones de nitrógeno por medio de leguminosas y cinco millones en el mundo entero, lo que demuestra que la industria química y las leguminosas contribuyen solamente con diez u once millones de toneladas

de nitrógeno fijado a la producción de alimentos del mundo, y para esto se requiere aproximadamente unas cien toneladas de nitrógeno combinado. Hay, por lo tanto, un déficit de unos 90 millones de nitrógeno fijado por año para el abastecimiento de los 2.700 millones de seres humanos que habitan la tierra. Esta deficiencia se suple utilizando tierra que contenga compuestos de nitrógeno, debidos a la lluvia y a la nieve. Es evidente, por lo tanto, que es necesario mejorar el *humus* del suelo y aumentar la fertilidad del terreno para la agricultura permanente.

No es una novedad el hecho de que todas las tierras contienen más compuestos orgánicos no-nitrogenados que compuestos orgánicos que contengan nitrógeno, y que los compuestos minerales nitrogenados, tales como las sales amónicas y los nitratos que las plantas están dispuestas a aprovechar, se encuentran en menores cantidades que los compuestos orgánicos nitrogenados que generalmente están fuera del alcance de las plantas.

#### FIJACIÓN DEL NITRÓGENO ATMOSFÉRICO AÑADIENDO SUSTANCIAS ORGÁNICAS A LA TIERRA

Después de haber investigado durante más de 25 años sobre el problema de cómo fijar el nitrógeno atmosférico en tierras a las que se han aplicado varios compuestos orgánicos, hemos llegado a la conclusión de que estos compuestos no solamente mejoran las propiedades físicas de las tierras, añaden coloides y mejoran las condiciones de cultivo, la formación de miga y la capacidad para retener el agua, sino que las sustancias orgánicas sufren en ellas un proceso de oxidación lento, gracias al cual liberan energía, energía que se puede aprovechar para fijar el nitrógeno atmosférico y enriquecerlas desde el punto de vista del nitrógeno. Además, los compuestos carbonosos no-nitrogenados de la tierra preservan a las sustancias nitrogenadas que ésta contiene o que se le han añadido, lo mismo que los carbohidratos y las grasas actúan como economizadores de proteínas en el cuerpo humano.

En el cuadro que damos a continuación figuran algunos de los resultados obtenidos en nuestros experimentos:

CUADRO I

*Fijación del nitrógeno atmosférico añadiendo melaza a la tierra de los campos de Allahabad. Terreno de 4 pies por 4 pies, al que se añadió 10 kilogramos de melaza (es decir, 25 toneladas por acre).*

Fecha del análisis	NH-N %	NO-N %	Total-N %	Carbono orgánico	Azobacter en millones por cada gramo de tierra seca	Total de bacterias en millones por cada gramo de tierra seca
<i>Expuesta al sol</i>						
13-2-1937 (Tierra natural)	0.0006	0.0014	0.0310	0.3472	0.9	12.0
9-3-1937 (Después de añadir melaza)	0.0012	0.0016	0.0344	1.7708	12.5	38.0
26-4-1937	0.0016	0.0016	0.0388	1.4136	75.0	245.0
12-4-1937	0.0028	0.0016	0.0456	0.6875	155.0	385.0
25-9-1937	0.0019	0.0017	0.0461	0.4728	115.0	305.0
<i>A oscuras (cubierta por tablas)</i>						
13-2-1937 (Tierra natural)	0.0006	0.0012	0.0300	0.324	1.0	13.0
9-3-1937 (Después de añadir melaza)	0.0010	0.0015	0.328	1.7732	16.0	48.0
26-4-1937	0.0013	0.0015	0.0394	1.4702	102.0	365.0
12-7-1937	0.0014	0.0015	0.0375	0.7854	290.0	615.0
25-9-1937	0.0013	0.0016	0.0388	0.4468	315.0	645.0

CUADRO II

*Fijación del nitrógeno atmosférico añadiendo boñiga de vaca a la tierra. Experimentos hechos con boñiga de vaca fresca. Terreno de 4 pies por 4 pies, al que añadieron 20 kilogramos de boñiga de vaca húmeda (es decir, 50 toneladas por acre).*

Fecha del análisis	Total-N %	Carbono orgánico	Humedad %	Azobacter en millones por cada gramo de tierra seca	Total de bacterias en millones por cada gramo de tierra seca	Hongos por cada gramo de tierra seca
<i>Expuesto a la luz del sol</i>						
10-2-1937 (Tierra natural)	0.0323	0.3294	1.7	1.05	10.7	22000
12-2-1937 Después de añadir estiércol	0.0356	0.7126	—	—	—	—



Fecha del análisis	Total-N %	Carbono orgánico	Humedad %	Azotobacter en millones por cada gramo de tierra seca	Total d. bacterias en millones por cada gramo de tierra seca	Hongos por cada gramo de tierra seca
7-3-1937	0.0368	0.6384	3.0	6.5	20.5	32000
5-4-1937	0.0388	0.5616	3.5	1.	65.5	41000
29-4-1937	0.0424	0.4826	3.0	32.0	160.0	30000
25-5-1937	0.0442	0.4108	3.5	30.0	170.0	28000
12-6-1937	0.0466	0.3825	3.5	28.5	165.5	28000
28-9-1937	0.0446	0.3789	3.2	15.8	115.2	25000
<i>A oscuras. (Cubierta por tablas)</i>						
10-2-1937 (Tierra natural)	0.0356	0.3987	1.8	1.15	11.2	23000
12-2-1937 (Después de añadir estiércol)	0.0381	0.7218	—	—	—	—
7-3-1937	0.0385	0.6586	4.0	7.5	26.5	40000
5-4-1937	0.0392	0.5944	4.0	21.5	11.0	56000
29-4-1937	0.0403	0.5168	3.5	48.5	276.0	59000
25-5-1937	0.0411	0.4684	4.0	55.0	315.0	48000
12-6-1937	0.0420	0.4158	4.5	65.5	335.0	46000
28-9-1937	0.0428	0.4012	5.0	49.5	300.0	41000

Los resultados siguientes fueron obtenidos recientemente en vasijas, habiendo mezclado sustancias orgánicas con la tierra y exponiendo unas a la luz artificial durante ocho horas diarias, y tapando otras con una tela negra para que no les diese la luz.

CUADRO III

*Tierra + estiércol de vaca*

Período de exposición en días	Carbono orgánico %	Total del nitrógeno	Carbono oxidado %	Aumento de nitrógeno %	Resultado (cantidad de N. fijado en miligramos por gramo de carbón oxidado)
Luz					
0	1.7262	0.0942	—	—	—
60	1.5077	0.0990	0.2185	0.0048	22.4
120	1.3411	0.1044	0.3851	0.0102	26.5
180	1.2120	0.1083	0.5142	0.0141	27.5
Oscuridad					
0	1.7262	0.0942	—	—	—
60	1.5230	0.0970	0.2032	0.0028	13.8
120	1.4248	0.0988	0.3014	0.0046	15.3
180	1.2647	0.1015	0.4615	0.0073	16.0

*Tierra + estiércol de vaca + 0.25 %  $P_2O_5$  en forma de escoria básica de Tata*

Período de exposición en días	Carbono orgánico %	Total del nitrógeno	Carbono axidado %	Aumento de nitrógeno %	Resultado (cantidad de N. fijado en miligramos por gramo de carbón oxidado)	
Luz	0	1.7125	0.0925	—	—	
	60	1.0373	0.1208	0.6752	0.0283	41.9
	120	0.9489	0.1246	0.7641	0.0321	42.0
	180	0.9232	0.1279	0.7893	0.0354	44.8
Oscuridad	0	1.7025	0.0925	—	—	
	60	1.3713	0.0984	0.3412	0.0059	17.5
	120	1.2974	0.1010	0.4151	0.0085	20.3
	180	1.2277	0.1030	0.4848	0.0105	21.7

## CUADRO IV

*Tierra + paja de trigo*

Período de exposición en días	Carbono orgánico %	Nitrógeno total %	Carbón axidado %	Nitrógeno fijado libras per acre	Resultado	
Luz	0	0.7356	0.0492	—	—	
	90	0.5358	0.0533	0.1998	—	20.8
	150	0.4762	0.0544	0.2594	—	20.6
	180	0.4365	0.0553	0.2991	117.6	20.6
Oscuridad	0	0.7356	0.0492	0.1490	—	—
	90	0.5866	0.0507	0.1939	—	10.1
	150	0.5417	0.0511	0.1939	43.7	10.1
	180	0.5241	0.0513	0.2115	—	10.2

*Tierra + paja de trigo + 0.1 %  $P_2O_5$  como  $Ca_3(PO_4)_2$* 

Luz	0	0.7356	0.0492	—	—	—
	90	0.4924	0.0566	0.2432	—	30.9
	150	0.4181	0.0588	0.3175	215.2	30.3
	180	0.3740	0.0602	0.3616	—	30.6
Oscuridad	0	0.7356	0.0492	—	—	—
	90	0.5513	0.0522	0.1843	—	16.3
	150	0.4851	0.0535	0.2505	90.0	16.0
	180	0.4652	0.0534	0.2704	—	15.8

Se obtuvieron los resultados siguientes con una tierra de arcilla sueca recogida en los campos del Real Colegio de Agricultura de Upsala. Contenia 0,14 % de nitrógeno total. 1,207 % de carbono or-

gánico. 1,19 % CaO, 3,114 % MgO, 1,20 % K<sub>2</sub>O y 0,225 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, del cual 0,083 % puede obtenerse en 1 % de la extracción del ácido cítrico.

CUADRO V

*Tierra sueca + sacarosa*

Período de exposición en días	Carbono orgánico %	Nitrógeno total %	Carbono oxidado %	Aumento del nitrógeno	Resultados (el nitrógeno fijado en miligramos por gramo de carbono oxidado)
Luz	0	2.3568	0.1470	—	—
	150	1.4833	0.1646	0.8735	0.0186
	300	1.2723	0.1682	1.0815	0.0262
Oscuridad	0	2.3568	0.1470	—	—
	150	1.7147	0.1554	0.6321	0.0084
	300	1.5036	0.1598	0.8532	0.0128

*Tierra sueca + sacarosa + 0.25 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como fosfato de roca de Grafsa*

Luz	0	2.3568	0.1470	—	—
	150	1.4132	0.1862	0.9436	0.0392
	300	1.1518	0.1992	1.2050	0.0522
Oscuridad	0	2.3568	0.1470	—	—
	150	1.6787	0.1608	0.6781	0.0138
	300	1.4612	0.1658	0.8956	0.0188

Estos resultados experimentales demuestran que las sustancias orgánicas, tales como azúcar de caña, melazas, boñiga de vaca y paja de trigo, sufren un proceso de oxidación lento en contacto con el aire cuando se las mezcla con tierra, incluso en la oscuridad, a medida que la cantidad de compuestos carbonáceos va disminuyendo. En estas oxidaciones lentas, la energía se libera como en la siguiente ecuación con glucosa:  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 6 H_2O + 676$  calorías. La energía que se utiliza para fijar el nitrógeno del aire en la superficie de la tierra se libera formándose amoníaco, aminoácidos y otros compuestos nitrogenados, y así, en estos experimentos, al disminuir las cantidades de compuestos carbónicos, aumenta el nitrógeno total. Cuando a estos sistemas les da la luz del sol o luz artificial, la cantidad de nitrógeno que se fija es mucho mayor que en la oscuridad. El estiércol se utiliza como abono desde tiempo inmemorial y nuestros experimentos demuestran que no sólo proporciona a la planta los elementos nutritivos que contiene, sino que también fija el nitrógeno atmosférico, y de esta forma mejora mucho el nitrógeno que contienen todas las tierras del

mundo, pero este fenómeno es más intenso a la luz que en la oscuridad.

En experimentos llevados a cabo cuidadosamente, se ha demostrado que se producen cantidades apreciables de aminoácidos y de sales amónicas, al mezclar soluciones de nitrato con carbohidratos en presencia de óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), utilizado como fotocatalizador y expuesto todo ello a la luz. La cantidad de nitrógeno que se fija por cada gramo de carbono que se oxida y la cantidad de aminoácidos que se forman en los experimentos de nitrato, aumenta ostensiblemente cuando se añaden fosfatos de calcio al sistema. De aquí la eficiencia de esta forma de fijar nitrógeno, pues, la cantidad fijada por gramo de carbono oxidado, es mucho mayor cuando el proceso tiene lugar a la luz y en presencia de fosfato cálcico, de fosfato de roca y de escorias Thomas.

El mecanismo de esta fijación de nitrógeno es probablemente el siguiente: Las moléculas que hay en la superficie de la tierra se descomponen según la ecuación:  $\text{H}_2\text{O} + 112 \text{ Cal} = \text{H} + \text{OH}$  por absorción de la energía obtenida a causa de la oxidación de las sustancias orgánicas. El nitrógeno atómico producido reduce el nitrógeno molecular y forma amoníaco que puede oxidarse a causa del aire, dando nitrato, y los nitratos forman aminoácidos en presencia de materiales energéticos. El radical OH puede formar peróxido de hidrógeno que oxida las sustancias orgánicas y el amoníaco. Al iluminarlo, la energía de la luz es absorbida como en la fotosíntesis del reino de las plantas, y produce mayor fijación de nitrógeno. En presencia de fosfatos se estabilizan los compuestos nitrogenados formados en la fijación del nitrógeno.

Para fijar 14 gramos de nitrógeno y formar amoníaco por mediación del hidrógeno atómico que actúa sobre el nitrógeno molecular, según hemos indicado anteriormente, se necesitan 336 calorías, de aquí que de la oxidación de un gramo de glucosa puedan fijarse  $\frac{14 \times 676}{336}$  gramos de nitrógeno y convertirse en  $\text{NH}_3$ , en condiciones ideales. En otras palabras, deberían fijarse 0,39 gramos de nitrógeno por cada gramo de carbono que se oxide. En muchos de nuestros experimentos, llevados a cabo en terrenos ricos en fosfato cálcico, se han observado a la luz, fijaciones de nitrógeno de 100 miligramos, con azúcar, y de 150 miligramos, con paja de trigo. Por lo tanto, los resultados de este tipo de fijación de nitrógeno a la luz pueden ser de  $\frac{150}{390} \times 100 = 38\%$  con paja y 25 % con azúcar. En estos métodos industriales para fijar nitrógeno según, o bien el proceso de Haber-Bosch, o el de cianamida, los resultados son del orden de 8 a 10 % ; por lo tanto, la foto-fijación

de nitrógeno atmosférico a base de trabajar en paja mezclada con diferentes fosfatos de calcio, pueden dar mejores resultados que los métodos industriales para fijar nitrógeno atmosférico.

#### LOS FOSFATOS DE CALCIO AUMENTAN LA FIJACIÓN DEL NITRÓGENO

El amoníaco se descubre fácilmente en la fijación del nitrógeno por medio del *Azotobacter* o «clostridia», pero además, hemos notado olor a amoníaco al apretar entre los dedos los nódulos de una raíz de *Crotalaria juncea*. En el cuadro I, se señala un aumento considerable de nitrógeno amoniacal en nuestros experimentos, y se ha observado el mismo aumento de amoníaco con todos los carbohidratos y glicerol con materias celulósicas, pero la liberación del amoníaco debida a la fijación de nitrógeno, lleva más tiempo; por lo tanto, se necesita un intervalo de tres a seis meses desde que se echa paja o materias ricas en celulosa, hasta que se recoge una cosecha que dependa de la temperatura de la tierra. En este proceso, una base de escoria alcalina es una gran ayuda para la oxidación parcial de las sustancias orgánicas y para la liberación de amoníaco y formación de nitrato.

En el proceso de enriquecimiento de los campos a base de cultivar leguminosas, se ha dicho con frecuencia que en condiciones normales se añade 1 cwt, es decir, 112 libras de nitrógeno por cada acre, pero generalmente la cantidad varía de 40 a 60 libras. En nuestros experimentos con paja, registrados en el cuadro IV, se utilizó 0,5 % de carbono en forma de paja y a la luz, y en presencia de fosfato de calcio se observó una fijación de nitrógeno de 215 libras por acre, de aquí que arando en paja mezclada con fosfato de calcio en forma de escoria básica y rocas de fosfatos blandos, puede obtenerse fácilmente nitrógeno de la misma clase que con las leguminosas.

En Allahabad, mezclando los residuos del municipio, con o sin escoria básica, a una tierra que contenía 0,5 % de carbono orgánico y 0,04 % de nitrógeno total, se obtuvieron los resultados siguientes:

CUADRO VI

*Análisis de distintas muestras de tierra del mismo campo*

	Carbón orgánico %	Nitrógeno total %	Razón C/N
Sin escoria .....	1.90	0.172	11.0
Escoria básica Tata que contiene 8% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	1.77	0.331	5.3
	2.01	0.279	7.4
	1.89	0.279	6.7

Estos resultados demuestran que en Allahabad, donde la temperatura media de la superficie del suelo es de 26 °C, la materia orgánica aumenta la fertilidad de manera remarcable y aún se incrementa más, añadiendo escoria básica, consiguiéndose así cosechas tope. Se obtienen resultados similares con mezclas de estiércol animal o paja de trigo mezclados con rocas de fosfato suave del Norte de África o escoria. Nuestros experimentos y los hechos por otras personas, prueban que las tierras ricas en fosfatos son también ricas en nitrógeno y muy fértiles.

Trabajando en los Estados Unidos, Karraker obtuvo los siguientes resultados que demuestran un notable aumento de nitrógeno, obtenido por medio de una mezcla de abono y fosfato, y una mejora en la producción:

Promedio del tratamiento de tres campos	Nitrógeno en el suelo por cada acre, en libras	Campo de maíz «bushels» (35 litros por acre)
Sin abono.....	1.600	17
Estiércol.....	1.760	36
Estiércol + fosfato.....	1.990	51

Además, se han hecho importantes observaciones en Rothamsted, que incluimos a continuación, y demuestran que únicamente el estiércol y no los fertilizantes artificiales, pueden aumentar la situación del nitrógeno en tierras en las que se cultiva trigo todos los años desde 1843, y a las que desde entonces se aplican abonos o fertilizantes:

*El nitrógeno que originariamente había en la tierra era 0.12% en 1843*

		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			NaNO <sub>3</sub>		Estiércol
Nitrógeno añadido por acre en libras.....	Nada	43	86	129	43	86	200
Nitrógeno que había en la tierra en 1914%.....	0.104	0.111	0.119	0.129	0.116	0.115	0.236

Se han recogido resultados similares, haciendo evidente que aumenta la fertilidad, al aplicar estiércol en vez de sulfato amónico o nitrato, en EE. UU., Dinamarca y otros países.

Los fisiólogos de las plantas han calculado que todos los años se

añaden a la tierra aproximadamente 13 750 millones de toneladas de carbono orgánico por fotosíntesis, en forma de sustancias celulósicas. Sabiendo que, únicamente se oxida al año el 40 % del carbono introducido de esta forma en todo el mundo, y que únicamente se fijan 20 miligramos de nitrógeno a la luz del sol por cada gramo de carbono oxidado, la cantidad de nitrógeno que se fija en las superficies de las tierras del mundo será aproximadamente de 110 millones de toneladas al año, de lo cual, la mitad se produce por absorción de la luz del sol. De aquí podemos deducir que a esta fijación de nitrógeno se debe en su mayor parte el que hay en el suelo, y a su vez, la producción de cosechas en el mundo entero.

A LA TIERRA ÁLCALI SE LA PUEDE MEJORAR CON MATERIAS ORGÁNICAS Y FOSFATOS CÁLCICOS

Dhar y sus colaboradores llevan veinte años demostrando que la melaza sola o una mezcla de melaza y tortas (dos residuos de la industria del azúcar de caña) pueden utilizarse fácilmente para fijar nitrógeno atmosférico y mejorar así la tierra álcali. Actualmente gran cantidad de la melaza que se produce en la India se vende a otros países, y parte de ella se utiliza para la fabricación de alcohol de quemar, por lo cual es imposible adquirir melaza concentrada que contenga de 50 a 60 % de carbohidratos, con el fin de abonar los campos o mejorar la tierra álcali. Recientemente hemos utilizado melaza diluida, sola o mezclada con fosfatos cálcicos, para este fin. La melaza utilizada en los experimentos que a continuación vamos a dar, contenía 73 % agua, 6,8 % de carbono orgánico y 0,1 % de nitrógeno al estar líquida, pero cuando se la secó al horno, el contenido de carbono aumentó un 25 % y el nitrógeno a 0,36 %. Los siguientes resultados fueron obtenidos en experimentos de laboratorio:

CUADRO VII

200 gramos de tierra álcali + 9.2 gramos de melaza diluida

Período de exposición en días	Carbono orgánico %	Nitrógeno total %	Carbono oxidado %	Ca por m. e. intercambiable %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> del que se disponía %	Eficacia nitrógeno que se ha fijado en mg. por gramo de C. oxidado	pH
0	1.233	0.050	—	3.572	0.030	—	10.0
90	0.858	0.053	30.4	4.402	0.041	7.5	9.7
180	0.715	0.054	42.0	5.241	0.043	8	9.3
270	0.593	0.054	51.9	5.712	0.045	—	9.0
360	0.496	0.054	60.0	5.986	0.046	—	8.7

200 gramos de tierra álcali + 9.2 gramos de melaza diluida + 0.5% de fosfato de roca de Gafsa.

Periodo de exposición en días	Carbono orgánico %	Nitrógeno total %	Carbono oxidado %	m. e de Ca cambiabile %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> del que se disponia %	Eficacia nitrógeno que se ha fijado en mg. por gramo de C. oxidado	pH
0	1.233	0.050	—	3.572	0.070	—	10.0
90	0.806	0.055	34.6	5.804	0.088	11.7	9.4
180	0.657	0.059	46.7	7.054	0.108	15.6	8.8
270	0.545	0.062	55.8	7.015	0.115	17.4	8.2
360	0.447	0.062	63.7	8.324	0.121	—	7.6

Los siguientes experimentos fueron realizados con *Crotalaria Juncea*, que contenía 37,70 % de carbono orgánico, 1,23% de nitrógeno total, 2,10 % de CaO y 1,52 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

#### CUADRO VIII

200 gramos de tierra álcali + 26 gramos de cáñamo de sol

Periodo de exposición en días	Carbono orgánico %	Nitrógeno total %	Carbono oxidado %	m. e de Ca cambiabile %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> del que se disponia %	Eficacia nitrógeno que se ha fijado en mg. por gramo de C. oxidado	pH
0	4.590	0.160	—	3.572	0.029	—	10.0
60	3.246	0.125	29.1	4.502	0.043	—	9.7
120	3.010	0.114	34.1	5.324	0.051	—	9.6
210	2.800	0.099	40.0	5.921	0.057	—	9.2
365	2.525	0.093	45.0	6.457	0.059	—	8.9

200 gramos de tierra álcali + 26 gramos de cáñamo + 2% de fosfato de roca de Bihar

0	4.590	0.160	—	3.572	0.0321	—	10.0
60	3.064	0.140	33.2	6.548	0.0678	—	9.4
120	2.770	0.136	39.0	8.627	0.0823	—	8.7
210	2.470	0.122	46.0	9.310	0.0871	—	7.9
365	2.154	0.111	53.1	9.510	0.0821	—	7.8

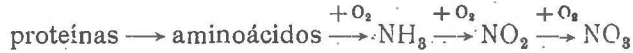
Los resultados indicados demuestran que la melaza diluida cuando se mezcla con tierra álcali de mala calidad que tenga 10 de pH, 1,06 % de CaO, 1,31 % de MgO, 1,1 % de K<sub>2</sub>O, 0,142 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,0318 %



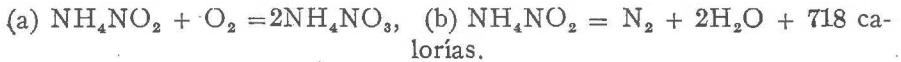
soluble al ácido cítrico al 2 %), Ca intercambiable 3,572 m. e. %, 0,135 % de carbono orgánico y 0,0353 % de nitrógeno total (proporción C/N = 3,8), puede aumentar el calcio cambiabile, el fosfato disponible, el humus y bajar los valores de pH. notab'emente, y al añadir fosfato de Gafsa se obtienen resultados aún mucho mejores. Con caña y fosfato de roca de Bihar disminuyen de manera notable los valores de pH y aumenta el calcio cambiabile. El ácido carbónico que se produce en el proceso de oxidación de la melaza y de la caña y las pequeñas cantidades de nítrico y de ácidos nítricos que se forman en el proceso de nitrificación de los compuestos nitrogenados, convierten fácilmente los fosfatos tricálcicos que hay en los fosfatos de roca en difosfatos y en pequeñas cantidades de fosfato monocálcico que reacciona con el álcali de la tierra y forman fosfato cálcico, disminuyendo así el valor de pH. Hemos observado también, que una mezcla de materia orgánica y carbonato cálcico no da tan buenos resultados en la tierra álcali como una mezcla de materia orgánica y fosfato cálcico, porque el  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  se forma más fácilmente por la acción del ácido carbónico en el fosfato tricálcico que en la formación de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , que se debe a la acción del ácido carbónico sobre el carbonato de calcio. La constante de disociación del ácido carbónico es mayor que la tercera constante de disociación del ácido fosfórico, y esa es la razón por la cual al producir  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , es más fácil que el producir  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Por esta razón al mejorar la tierra álcali por medio de materias orgánicas, es más útil el fosfato tricálcico que el carbonato cálcico. Además, el humus que se forma al fijar nitrógeno atmosférico por medio de materias orgánicas y fosfato cálcico, actúa como un contrapeso muy valioso para mantener la neutralidad de la tierra. Desde 1935 Dhar viene señalando que las tierras alcalinas tratadas con yeso o con azufre en polvo no se hacen más fértiles ni aumenta en ellas el humus, mientras que si se tratan con una mezcla de melaza o de cualquier otra materia orgánica y con fosfatos cálcicos, no sólo se neutraliza el álcali de la tierra, sino que se hace más fértil, ya que aumenta el humus y los compuestos nítrógenos, y mejoran sus propiedades físicas. En ensayos hechos en diferentes partes de la India se han mejorado con carácter permanente tierras alcalinas muy malas, tratándolas con materias orgánicas y fosfatos de calcio.

LA PÉRDIDA DE NITRÓGENO ES INHERENTE A LA NITRIFICACIÓN DE COM-  
PUESTOS NITROGENADOS

Dhar y sus colaboradores han demostrado que cuando se aplican a las tierras abonos nitrogenados o fertilizantes o proteínas en condiciones aerobias tienen lugar los siguientes cambios:



Estas son reacciones de oxidación a las que favorece el aumento de aireación, las temperaturas elevadas y absorción de la luz. En estos procesos se forma la sustancia inestable nitrito amónico, como producto intermedio, que puede oxidarse y descomponerse ayudado por la absorción de la luz, de la forma siguiente:



El segundo cambio químico es más prominente que el primero, pues es muy exotérmico y hay una pérdida considerable de nitrógeno en la tierra cuando se la abona con sustancias nitrogenadas como sangre, urea, sales, amónicas, cianamida, etc. Además, también puede perderse nitrógeno libre en tierras fertilizadas por medio de nitratos, porque una parte del nitrato se reduce a sales amónicas debido a la acción reductora de las sustancias orgánicas que hay en la tierra. Las sales amónicas formadas a partir de los nitratos sufren pérdidas en la nitrificación. F. Lohms y E. B. Fred han señalado la siguiente recuperación en las cosechas, según ciertos experimentos hechos en el campo, que duraron cuatro años:

Nitrógeno %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
7,8 a 46	10,1 a 75,6	22,4 a 85,1

Estos resultados demuestran claramente que en condiciones favorables, la mayor parte del K<sub>2</sub>O y del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> añadidas a un abono como fertilizantes, pueden ser recobrados por las cosechas, pero nunca más de la mitad con los fertilizantes nitrogenados o estiércol. Los experi-

mentos de Rothamshed demuestran que sólo se recuperó el 26 por 100 del nitrógeno añadido en forma de estiércol de corral, en la proporción de 200 libras de nitrógeno por acre al año y el 57 por 100 se perdió, pero se ha observado que con los fertilizantes nitrogenados artificiales, la cantidad de nitrógeno recuperado en las cosechas es igualmente muy pequeña.

A continuación damos algunos de nuestros experimentos sobre la pérdida del nitrógeno:

CUADRO IX

*La cantidad de nitrógeno que había inicialmente en los compuestos nitrogenados que se aplicaron a 100 gramos de tierra conservada en platos de porcelana, variaba de 0.25 a 0.5 gramos.*

TEMPERATURA MEDIA 35°					
Sustancias mezcladas con la tierra	Período de exposición	Pérdida de nitrógeno		Tanto por ciento de la pérdida de nitrógeno en un mes	
		Luz	Oscuridad	Luz	Oscuridad
1 Sulfato amónico .....	2 meses	55.5	43.2	27.8	21.6
2 Fosfato » .....	»	67.7	58.4	33.8	29.2
3 Nitrato » .....	»	28.9	21.0	14.5	10.5
4 Tartrato » .....	»	47.6	38.3	23.8	19.2
5 Oxalato » .....	»	36.6	28.6	18.3	14.3
6 Citrato » .....	4 1/2 »	69.9	54.8	22.1	12.2
7 Urea.....	5 1/2 »	47.4	35.1	10.5	7.8
8 Acido hipúrico .....	4 1/2 »	42.3	23.2	9.4	5.2
9 Gelatina.....	4 1/2 »	40.1	23.2	8.9	5.2
10 Tortas de aceite .....	5 1/2 »	35.9	29.0	6.5	5.3
11 Sangre.....	6 »	54.1	48.7	9.0	8.1

CUADRO X

*Pérdida de nitrógeno en la nitrificación bacteriana del sulfato amónico en siete semanas*

TEMPERATURA MEDIA 35°					
Nitrógeno que contenía originalmente en gramos	NH <sub>3</sub> -N que queda en gramos	NO <sub>3</sub> -N que se forma en gramos	N total que queda en gramos	N total perdido en gramos	Tanto por ciento de pérdida de nitrógeno
0.2565	0.1375	0.0381	0.1756	0.0809	31.5
0.0650	0.0096	0.0136	0.0232	0.0418	64.3
0.0250	0.0006	0.0031	0.0041	0.0209	83.9

*Sulfato amónico + 0.25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en forma de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>*

## TEMPERATURA MÉDIA 85°

Nitrógeno que contenía originalmente en gramos	NH <sub>3</sub> -N que queda en gramos	NO <sub>3</sub> -N que se forma en gramos	N total que queda en gramos	N total perdido en gramos	Tanto por ciento de pérdida de nitrógeno
0.2565	0.1948	0.0198	0.2146	0.0419	16.3
0.0650	0.0303	0.0064	0.0367	0.0283	43.6
0.0250	0.0095	0.0015	0.0113	0.0137	54.9

## CUADRO XI

*Disminución de la pérdida de nitrógeno a causa de haber aplicado sustancias orgánicas con 277.2 kilogramos de nitrógeno como (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por acre de terreno.*

Tratamiento	NH <sub>3</sub> -N%	NO <sub>3</sub> -N%	Total N%	Carbono orgánico %	Fecha del análisis
Materia no orgánica.	0.028	0.0026	0.1167	0.3721	6/10/1936
Estiércol de vaca ...	0.035	0.003	0.1272	0.5046	»
Hojas .....	0.0304	0.0026	0.1137	0.3731	»
Melaza .....	0.028	0.0031	0.1272	2.435	»
Materia no orgánica.	0.0222	0.004	0.0875	0.3722	12/11/1936
Estiércol de vaca ...	0.0304	0.0039	0.100	0.5010	»
Hojas .....	0.0232	0.0049	0.0903	0.3812	»
Melaza .....	0.0294	0.0054	0.1158	2.301	»
Materia no orgánica.	0.0017	0.0064	0.0583	0.3712	30/12/1936
Estiércol de vaca ...	0.0019	0.0078	0.0736	0.4882	»
Hojas .....	0.0017	0.0082	0.0712	0.5122	»
Melaza .....	0.004	0.0097	0.1273	0.9864	»

Estos resultados demuestran claramente que tanto los compuestos nitrogenados orgánicos como los no orgánicos, al ser mezclados con tierra, en condiciones aeróbicas, pierden mucho nitrógeno. La pérdida es mayor a la luz, pero puede retardarse añadiendo sustancias orgánicas como estiércol, hojas o melaza. De igual manera en la nitrificación bacteriana del (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hay una pérdida considerable de nitrógeno, que disminuye si se añaden fosfatos.

Los resultados que se dan a continuación fueron obtenidos por

F. T. Shutt en Canadá, abriendo unas praderas vírgenes muy ricas para el cultivo de zonas secas donde la lluvia es escasa.

	Parte superior nueve pulgadas	
	Por ciento	Libra por acre
Nitrógeno existente en la pradera.....	0.371	6940
Nitrógeno existente después de 22 años de cultivo.....	0.254	4750
Pérdida de la tierra .....		2190
Recuperado en la cosecha.....		7000
Pérdida muerta. ....		1490
Pérdida por año.....		68

En condiciones aeróbicas el amoníaco es lo primero que se produce cuando se cultiyan tierras vírgenes, y el N y sus compuestos sufren un proceso de oxidación, produciendo ácido nitroso, de donde se forma nitrito amónico, esa sustancia inestable que se descompone en nitrógeno y agua. Por lo tanto, hay una considerable pérdida del nitrógeno de la tierra al aplicarla fertilizantes nitrogenados y abonos, y abrir terrenos nuevos para el cultivo.

#### LOS FOSFATOS CÁLCICOS CONTRARRESTAN LA LIXIVIACIÓN DE LA CAL DE LAS TIERRAS

Tanto el ácido carbónico como el fosfórico, desempeñan papeles muy importantes en la tierra. Sus constantes de disociación son las siguientes:

Acido carbónico  $H_2CO_3$ ; constante de disociación =  $3 \times 40^{-7}$

$$\frac{H^0 \times HCO_3'}{H_2CO_3} = 3 \times 10^{-7} \quad (\text{primera constante de disociación}),$$

$$\frac{H^0 \times CO_3''}{HCO_3'} = 6 \times 10^{-11} \quad (\text{segunda constante de disociación}).$$

Acido fosfórico  $H_3PO_4$ ; constante de disociación =  $1 \times 10^{-2}$

$$\frac{H^0 \times H_2PO_4'}{H_3PO_4} = 1 \times 10^{-2} \quad (\text{primera constante de disociación}),$$

$$\frac{H^0 \times HPO_4''}{H_2PO_4'} = 2 \times 10^{-7} \quad (\text{segunda constante de disociación}),$$

$$\frac{H^0 \times PO_4'''}{HPO_4''} = 3.6 \times 10^{-13} \quad (\text{tercera constante de disociación}).$$

Como la tercera constante de disociación ( $3,6 \text{ por } 10^{-13}$ ) del ácido fosfórico es menor que la segunda constante de disociación ( $6 \times 10^{-11}$ ) del ácido carbónico, es más probable que en la tierra se formen iones  $\text{HPO}_4$  que iones  $\text{HCO}_3$ . Es sabido además, que la solubilidad en el agua del  $\text{Ca HPO}_4 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$  es mayor que la del  $\text{Ca} (\text{HCO}_3)_2$ , por lo tanto, en tierras que estén en condiciones normales, hay más posibilidades de que se formen  $\text{CaHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ó  $\text{CaHPO}_4$ , que se genere  $\text{Ca} (\text{HCO}_3)_2$ , que conduce a la lixiviación de cal. En gran número de experimentos de laboratorio hemos observado que la lixiviación de la cal de las tierras tratadas con agua destilada disminuye apreciablemente si se les echa además soluciones muy diluída de ácido fosfórico, fosfato monocálcico, superfosfato sólido, fosfato tricálcico, fosfato de sosa, escoria básica, etc. Por lo tanto, los fosfatos cálcicos disminuyen las existencias de cal de las tierras y ésto lo evidencian las pruebas hechas por Burgess en el campo, en los Estados Unidos.

INFLUENCIA ACUMULADA EN VEINTISIETE AÑOS APLICANDO 200 LIBRAS DE SUPERFOSFATOS O SUS EQUIVALENTES POR ACRE POR AÑO

Es muy conocido el hecho de que los fosfatos tricálcicos sufren hidrólisis en el agua, y como la tercera constante de disociación del ácido fosfórico ( $3,6 \times 10^{-13}$ ) es muy pequeña, se combinan fácilmente

*Influencia acumulada en 27 años aplicando 200 libras de superfosfatos o sus equivalentes por acre por año*

	Cal que se requiere por cada libra de CaO por acre
Sin fosfato.....	2.700
Rocas de fosfato.....	2.520
Superfosfato.....	2.340
Superfosfato extra.....	2.250
Hueso molido.....	2.160
Escoria Thomas.....	2.070

Los iones de hidrógeno y los de trifosfato, formando iones de  $\text{HPO}_4$  que en la tierra pueden producir  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ó  $\text{CaHPO}_4$ , de donde se deduce que los fosfatos cálcicos como el carbonato cálcico, pueden actuar como contrapesos excelentes. La constante de disociación

del  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , en total, es mucho más grande que la del  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , de aquí que el fosfato tricálcico sea menos alcalino que el carbonato cálcico. Es bien sabido que la alcalinidad aumenta las oxidaciones en el cuerpo de los animales o *in vitro* o en la tierra, por lo que la pérdida de humus por oxidación es menor en tierras ricas en fosfato cálcico que en tierras que contengan bastante carbonato cálcico.

#### EL AUMENTO DE LAS RESERVAS DE FOSFATOS EN EL SUELO ES VITAL PARA LA AGRICULTURA PERMANENTE

Nuestros resultados experimentales demuestran que cuando incorporamos a la tierra sustancias orgánicas como estiércol de corral, paja, residuos de plantas, etc., y fosfatos cálcicos, se puede fertilizar la tierra permanentemente si fijamos nitrógeno atmosférico y aplicamos fosfato, potasa, elementos vestigiales, humus, y mantenemos la neutralidad del suelo. Por esta causa, llevamos muchos años recomendando que deben aumentarse las reservas de fosfatos de calcio del suelo, utilizando medios baratos para la obtención de fosfato, tales como las escorias Thomas, rocas blandas de fosfato, etc. Es alentador, sin embargo, ver que ésto ya se esté haciendo en algunos países como evidencian las siguientes líneas: «Los campesinos de Dinamarca y de los Países Bajos insisten en la necesidad de aplicar fósforo a la tierra en suficientes cantidades para que no se pierdan las cosechas por su falta. Si se utilizan fertilizantes de fosfato para conservar las reservas de fósforo de la tierra, sus efectos residuales son de tanta importancia como los inmediatos. Los fosfatos buenos para un abono de «resultado a largo plazo, deberán ser baratos y ser eficaces durante un período de muchos años; las materias de efectos retardados pueden ser muy adecuadas» G. W. Cooke. *El valor de los fertilizantes fosfatados en la agricultura*, pág. 61, publicación de O. E. C. E., septiembre, 1956.

Además hemos insistido en que el superfosfato que tiene reacción ácida no es tan eficaz en la oxidación de sustancias orgánicas, tales como paja, vainas, hierbas, hojas etc., cuando se le aplica a la tierra, como los fosfatos cálcicos más básicos, y que la lixiviación de la cal de la tierra puede contenerse con mayor eficacia utilizando escoria Thomas, polvo de huesos, fosfato de rocas suaves, con los superfosfatos. En Bélgica han hecho constar que el superfosfato rebajaba para muchas cosechas el pH de la tierra por debajo de los valores óptimos y que era inferior al fosfato dicálcico. Es interesante señalar que

en 1988 el consumo mundial de fosfatos era de 2.770.390 toneladas, y el de escoria básica solamente 814.465 toneladas, mientras que en 1955-56 se produjeron 1.266.400 toneladas métricas de superfosfato, 1.042.900 toneladas de escorias Thomas y 133.550 toneladas de fosfato de roca molida como  $P_2O_5$ , en los países de la O. E. C. E. En Bélgica, Francia, Alemania, los Países Bajos y Suiza, el consumo de escoria es mucho mayor que el de superfosfatos; en Austria es mitad y mitad; en Italia el consumo de la escoria es sólo el 9 por 100 del superfosfato; en el Reino Unido se consumieron 182.600 toneladas de superfosfato y 101.200 de escoria en 1955-56. Es bastante sorprendente la poca cantidad de escoria básica que se utiliza en Dinamarca, Grecia, Irlanda, Noruega, Suecia, España y los Estados Unidos de América. En Francia se utilizaron 98.900 toneladas de fosfato de roca molida, 22.700 en el Reino Unido y 16.000 en los Estados Unidos, pero según parece hay una gran tendencia a utilizar más fertilizantes de fosfato básico, y de acuerdo con nuestras investigaciones, este aumento será muy beneficioso para la agricultura, ya que estos fertilizantes producen mayores efectos residuales que el superfosfato y otros fosfatos solubles. Y esto lo prueban los resultados obtenidos después de cincuenta y seis años de experimentación en Saxmundham, Inglaterra, y expresados en las siguientes líneas: «La cantidad de fósforo que contiene el suelo es debida en su mayor parte al abono animal y a otro procedente de huesos, y en menor cantidad, a un abono de superfosfato aplicado en la proporción de 225 Kg./Ha. (2 hundred weigh por acre)», Rothamsted Report, 1957, pág. 63. También consta en el Agr. Exp. Sta. Bull. 604, 1936 que en Nueva Jersey, Estados Unidos, se ha conseguido aumentar el fosfato de la tierra gracias al estiércol, más que al superfosfato, después de haber trabajado durante treinta y cinco años.

Además, en estos experimentos llevados a cabo en Saxmundham, el estiércol de corral aplicado en la proporción de 6 toneladas por acre cada año, ha aumentado el nitrógeno total y el carbono orgánico de las tierras en un 50 por 100 en relación con los campos a los que se aplican fertilizantes. Como la situación del fosfato mejora con el estiércol de corral, también aumenta de manera apreciable la fijación de nitrógeno al suelo; debido a la oxidación parcial de las materias energéticas que hay en el sistema

Hasta ahora, el hombre ha utilizado la materia orgánica y los fosfatos separadamente, pero estamos convencidos de que utilizados conjuntamente serían muy beneficiosos para aumentar la fertilidad. Esta conclusión va fuertemente repaldada por los resultados experimentales siguientes obtenidos en Estados Unidos.



Efecto del abono (10 toneladas por acre) y superfosfato (500 libras de 0-20-0) en una cosecha de tomates plantados en tiestos con tierras distintas:

*Cosecha obtenida en cada tiesto en gramos.*

TIPO DE TIERRA	Materiales aplicados separadamente	Materiales aplicados juntos	Aumento en la producción por aplicación conjunta
Marga de Woodbridge .....	8,6	29,7	21,1
Arcilla de Vaiden .....	14,1	27	13,9
Marga de Worthington. ....	29,9	38,3	8,4
» de Vergennes.....	40,4	47,6	7,2
» arcillosa de Addison.....	47,1	51,6	4,5
» arenosa de Merrimac.....	54,0	58,5	4,5

(Véase «Soils and Soils Fertility» (Los suelos y su Fertilidad) por L. M. Thompson. 1957 páginas 329-330.)

Además, cuando quitan una leguminosa (rotación de gramíneas y leguminosas) para volver a sembrar, las materias orgánicas que se han introducido arando, se benefician al añadir fosfatos, porque las dos juntas pueden fijar el nitrógeno atmosférico, abastecer a las plantas de sustancias nutritivas y producir hierbas mejores y en mayor cantidad. Esto es evidente en las observaciones siguientes:

Se mezcló 50 libras de fosfato al 20 % con el césped de pastos experimentales de Iowa (Estados Unidos de América), que se había removido previamente.

*Producción media de carne de vaca en libras por acre.*

TRATAMIENTO	Libras ganadas por acre
Sin tener tratamiento.....	105
Abonado con cal y vuelto a sembrar.....	147
Abonado con cal fosfatado y vuelto a sembrar.....	155

(Véase J. H. Staleings «Soil Use and Improvement» (Uso y mejoramiento de la tierra). 1957, páginas 254-55.)

Se ha dicho que, incluso ahora, el 80 por 100 de las sustancias nutritivas que se administran a las tierras en Dinamarca consiste en ma-

tería orgánica en forma de estiércol. De igual manera en Estados Unidos de América, según C. E. Millar (Soil Fertility, 1955, pág. 331) se administraron 6.569.006 toneladas de N, 1.030.044 toneladas de P. y 5.353.533 toneladas de K, mientras que los fertilizantes contribuyeron con 755.630 toneladas de N, 990.653 toneladas de P y 887.685 toneladas en 1949-50. Esto demuestra que de los estiércoles se obtuvieron nueve veces más de nitrógeno con 180 veces más de carbono orgánico, seis veces más de potasa y casi iguales cantidades de P. De aquí que la producción agrícola en los Estados Unidos se deba principalmente al estiércol de ganado. Se ha dicho que en 1927 podía atribuirse a los fertilizantes el 15 por 100 de la producción agrícola de los Estados Unidos, en 1952 el 25 por 100, y en 1960 ó más tarde se calcula que podrá atribuírseles el 40 por 100, aunque en 1937 solamente se utilizaron 1,65 kilos de N por hectárea de tierra cultivada y en 1956 4,2 Kg. de N, 4,6 de  $P_2O_5$  y 4Kg.  $K_2O$ . China es el país donde más materias orgánicas se emplean y utiliza el 70 por 100 de los 2.000 millones de toneladas del contenido de las letrinas. Al 50 por 100 de la tierra cultivable se le aplica el contenido de las letrinas y estiércol; al 20 por 100 ó 30 por 100 estiércol artificial; al 10 ó 15 por 100 abono verde. Se calcula que los chinos utilizan por encima de un millón de toneladas de nitrógeno, medio millón de toneladas de K y cuarto de millón de P cada año. Su producción agrícola por cada acre de terreno es muy superior a la de la India y a la de los otros países de Oriente, aunque se cultivan las tierras desde hace miles de años.

Cuando estas materias orgánicas que se utilizan en la China se fortifiquen con fosfatos cálcicos, como lo hacemos nosotros en nuestros experimentos, su producción ha de aumentar indefectiblemente. Es interesante señalar que en Africa del Sur, el abono orgánico mezclado con fosfatos ha dado siempre mejor resultado que ninguna otra combinación o que los fertilizantes. De igual manera, se ha averiguado que es mejor mezclar pequeñas cantidades de abono con una mezcla ligera de superfosfatos, que utilizar superfosfatos solos [véase Van Vuren «Soil Fertility and Sewage» (Fertilidad de la tierra y los residuos del alcantarillado), 1949. páginas 197-198]

#### VALOR DE LOS FOSFATOS EN LOS ABONOS A BASE DE MATERIA ORGÁNICA

Hemos llevado a cabo gran cantidad de experimentos sobre los abonos de estiércol, paja de trigo, serrín, malas hierbas, etc., añadiendo pequeñas cantidades de tierra en presencia o ausencia de escoria básica en polvo, o fosfato de roca, o una mezcla de superfosfato y fosfato

de roca, y hemos observado que hay una mayor fijación de nitrógeno atmosférico cuando hay fosfatos en el estiércol artificial, compuesto a base de excremento de vaca, paja de trigo, serrín, etc., que cuando no los hay. En la tabla siguiente damos algunos de los resultados que hemos obtenido:

CUADRO XII

Periodo de incubación en días	12 kilogramos de estiércol, 3 kilogramos de serrín, 1.875 kilogramos de tierra, 32.4 libras de $P_2O_5$ como fosfato de roca (Trichinopoli, India), por cada tonelada de materia orgánica.						
	Carbono orgánico %	Nitrógeno total %	Carbono orgánico oxidado en gramos	Nitrógeno total en gramos	Carbono orgánico oxidado en gramos	Aumento del nitrógeno total en gramos	Proporción C/N
0	27.3	0.863	2198.0	69.31	—	—	31.7
225	18.91	1.450	1213.6	91.81	895.4	22.5	13.2
400	16.4	1.600	926.2	90.36	1271.8	21.05	10.2
Periodo de incubación en días	12 kilogramos de estiércol, 2 kilogramos de serrín, 1.875 kilogramos de tierra, 32 libras de $P_2O_5$ en forma de escoria básica de Tata por tonelada de materia orgánica.						
	Carbono orgánico %	Nitrógeno total %	Carbono orgánico oxidado en gramos	Nitrógeno total en gramos	Carbono orgánico oxidado en gramos	Aumento del nitrógeno total en gramos	Proporción C/N
0	25.5	0.804	2198.0	69.31	—	—	31.7
225	19.1	1.400	1235.1	90.15	962.9	20.84	13.5
400	16.1	1.640	899.1	89.5	1298.9	19.19	9.8

Los resultados demuestran claramente que al abonar con sustancias orgánicas cuando hay fosfato, se fija mucho más nitrógeno y aumenta el contenido de éste. y los abonos con una relación de 10 de C/N se obtienen fácilmente.

Si nos fijamos en las cifras del carbono oxidado y en el aumento del nitrógeno, puede calcularse sin dificultad la cantidad de nitrógeno en miligramos por cada gramo de carbono oxidado, es decir, la eficacia del proceso de preparar estiércol artificial. En numerosos experimentos hemos observado que cuando no hay fosfatos, la cantidad de nitrógeno fijado en miligramos por cada gramo de carbono procedente de paja de trigo, estiércol, serrín, etc., oxidado al preparar estiércol artificial en 225 días, varía de 1,7 a 18,8, mientras que en presencia de los fosfatos los resultados son de 6,3 a 22. Además, el contenido de nitrógeno total de estos estiércoles artificiales fosfatados varía de 1,6 a 2,4 por 100, mientras el contenido de los preparados, según

el método Indore de Haward es de 0,6 ó 1 por 100. El contenido de nitrógeno total de los estiércoles procedentes de la basura municipal y del cieno del alcantarillado preparados en la isla de Jersey, es solamente de un 0,5 por 100. Igualmente, en once estiércoles que se obtienen del bagazo, el contenido de nitrógeno oscila de 0,6 a 1 por 100 [véase Howard «Agricultural Testament» (Testamento agrícola), 1940, pág. 69]. Por lo tanto, añadiendo fosfatos, como en nuestros experimentos a la materia orgánica, se dobla la cantidad de nitrógeno. Según informes recibidos, el capitán Mowbray en Rodhesia del Sur añade fosfatos a sus estiércoles artificiales.

EL INTRODUCIR LAS SUSTANCIAS ORGÁNICAS DIRECTAMENTE ARÁNDOLAS, ES MÁS PROVECHOSO QUE EL APLICARLAS EN FORMA DE ESTIÉRCOL ARTIFICIAL

Sin embargo, cuando estas sustancias se introducen en la tierra con fosfatos, en vez de aplicarlas en forma de estiércol artificial, se fija aún mayor cantidad de nitrógeno, así, Dhar y Nagpal han observado que cuando se mezclan 200 grs. de la tierra buena, que contenga 0.24 por 100 de nitrógeno total y 0,41 de  $P_2O_5$ , con serrín, de forma que se introduzca un 0,5 por 100 de carbono orgánico en la composición con un 25 por 100 de humedad, y se deja para que sufra una oxidación lenta en el aire, la cantidad de nitrógeno fijado en miligramos es de 80 a la luz, y 41 en la oscuridad, por cada gramo de carbono del serrín que se ha oxidado. En presencia de 0,2 por 100 de  $P_2O_5$  en forma de fosfato dicálcico, los valores son de 107 a la luz y 57 en la oscuridad, por lo cual, para aumentar la fertilidad, el introducir directamente los materiales vegetales o el estiércol con fosfatos cálcicos, es mejor que formar estiércol artificial con las mismas sustancias según recomienda Howard. Sobre este punto de vista ha insistido Dhar con mucho énfasis en su discurso presidencial en la Academia Nacional de Ciencias, India, en 1937. Es interesante advertir que la proporción C/N de los estiércoles artificiales fosfatados es más pequeña que en los preparados sin fosfatos.

Además hemos obtenido una fijación de nitrógeno muy considerable al incubar paja de trigo durante tres meses a 35° con un 50 por 100 de humedad, pero aún se incrementa más en presencia de fosfatos.

La pérdida de nitrógeno en los abonos está generalmente relacionada con el contenido total de nitrógeno de las materias que lo van a formar y con la subida de la temperatura al fabricarlos. Cuanto mayor sea el contenido del nitrógeno del sistema y cuanto más alta sea la temperatura alcanzada por él, mayor será la pérdida de nitrógeno,

porque al fabricar el abono se forma la sustancia inestable, nitrito amónico, que se descompone muy fácilmente en nitrógeno y agua ( $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 718$  calorías). Si las materias que se van a juntar son ricas en lignina y contienen fosfatos cálcicos, se reduce al mínimo la pérdida de nitrógeno en esta operación.

En el método Indore en que se fabrica el abono con residuos de diferentes plantas, durante los cuatro primeros días es cuando la temperatura es más alta, variando de  $65^\circ$  a  $60^\circ$ , los siete días siguientes es de  $60^\circ$ - $55^\circ$ , los 27 siguientes de  $55^\circ$ - $45^\circ$ , los 46 siguientes de  $45^\circ$ - $35^\circ$  y los catorce últimos de  $35^\circ$ - $30^\circ$ . Debido a la alta temperatura alcanzada, hay una notable pérdida de nitrógeno, pero si la temperatura es alta únicamente al principio, durante unos días, como en el método de Howard y luego baja, los compuestos carbonáceos no-nitrogenados se oxidan notablemente en los primeros días, antes de que empiece la nitrificación de las proteínas y la pérdida de nitrógeno no será muy grande. En caso de que la nitrificación de los compuestos de carbono se lleve a cabo a temperatura alta, es probable que la pérdida de nitrógeno en el estado gaseoso, debido a la formación y descomposición del nitrito amónico, sea grande. De aquí que al fabricar estos estiércoles, la alta temperatura que se necesita para matar los organis-

*Cosecha media 1934-51; azúcar, remolachas y parte superior, patatas en tons. por acre; grano de cebada, paja y azúcar en cwts. por acre:*

Cosecha media	CEBADA		REMOLACHA			PATATAS
	Grano	Paja	Raíces	Azúcar	Parte superior	
	Aplicación a la cosecha de prueba					
Paja introducida en el estiércol artificial....	30.8	33.4	10.9	41	9.2	9.46
	27.5	29.7	9.9	36.9	7.9	8.0
	Aplicación a la cosecha anterior					
Paja introducida en el estiércol artificial....	27.3	29.5	10	37.4	7.8	8.02
	26.3	28.8	9.7	36.1	7.8	7.56

mos patógenos y para la oxidación parcial de los compuestos carbonáceos, debería restringirse a dos o tres días solamente, si no se pierde gran cantidad de nitrógeno, y esta es la razón por la cual en el pro-

ceso Adeo de Rothamsted se pierde mucho nitrógeno. Igualmente Martín y Wang (J. Amer. Soc. Agron, 36, 373, 1944), observaron pérdida de nitrógeno después de cien días al mezclar paja de avena, boñiga de vaca, tallos de cereales, hojas, heno de trébol, heno de alfalfa, turba, etc., mezcladas con sales nitrogenadas inorgánicas que sumaban de 13 a 38 por 100 del nitrógeno total, que era de 1,13 a 2,38 por 100. Y se han observado pérdidas semejantes de nitrógeno en todo el mundo, por lo cual, el introducir las sustancias orgánicas directamente es mejor para la producción agrícola. Los resultados de la página anterior se obtuvieron en Rothamsted después de un experimento de dieciocho años, basado en enterrar paja o estiércol artificial directamente arándola. Se introdujeron 2,75 toneladas de paja de trigo por acre en noviembre y se añadieron nitrógeno artificial, P y K la primavera siguiente. Los estiércoles artificiales se prepararon con las mismas cantidades de paja y fertilizantes artificiales.

Estos experimentos llevados a cabo en el campo, demuestran que la introducción directa de paja produjo más cosechas en la rotación que los abonos preparados a base de paja y materias artificiales. Estas observaciones hechas en Rothamsted están de acuerdo con los resultados y conclusiones alcanzados por nosotros y sobre los que estamos insistiendo desde 1937.

#### UTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS URBANOS

En todo el mundo se está tratando seriamente de preparar humus con las basuras municipales y con los residuos del alcantarillado de las zonas urbanas. En una reciente publicación (1956) («Composting: Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes») de la W. H. O., el doctor H. B. Grotaas ha declarado lo siguiente: «En zonas dedicadas a la agricultura, la utilización de residuos humanos y animales es de gran importancia, tanto desde el punto de vista de la higiene pública, como del de la agricultura. El transformar los residuos y el utilizarlos está adquiriendo mucha importancia en las zonas muy industrializadas debido: (a) a que las dificultades que se presentan para deshacerse de forma higiénica de la gran cantidad de basuras que se acumulan son cada vez mayores; (b) a que la fertilidad del suelo se ve cada vez más amenazada, debido a la disminución de estiércol animal, y (c) a que la demanda para poner las tierras agrícolas en condiciones de aumentar la producción es cada vez mayor y más apremiante»; y recomienda que por razones de higiene estas materias deberían someterse a una temperatura de por lo menos 60° C (140° F) en el proceso de formación de abonos.

Imhoff, Muller y Thisthethwayte en su libro: «Disposal of Sewage and Waterborne Wates», 1956, han calculado que en la basura hay 0,4 libras de materia orgánica seca y 0,08 libras en residuos del alcantarillado por persona y por día. Considerando que la población mundial es de 2.700 millones de habitantes y asumiendo que la materia orgánica seca contiene 2 por 100 de nitrógeno, el contenido total en la basura y en los residuos asciende a cinco millones de toneladas, el de P es de cerca de 2,5 millones de toneladas y el de K de unos cuatro millones. Pero hay otro método para calcular las cantidades de nitrógeno de los desperdicios del mundo. Van Vuren en su libro «Soil Fertility and Sewage» (Fertilidad del suelo y residuos), 1949, pág. 29, ha declarado: «El 90 por 100 de todos los productos de la tierra llegan a las zonas urbanas en forma de grano, fruta, verduras, carne de vaca, carne de cordero, lana, combustibles, etc., de los cuales, del 25 al 50 por 100 se transforman al final en desperdicio orgánico que la tierra pierde casi por entero». Dando por hecho que la producción de alimentos y de fibras del mundo es de 1.250 millones de toneladas al año y aun en el supuesto de que se pierda el 25 por 100 y que el promedio de nitrógeno que contiene sea de 2 por 100, la cantidad de nitrógeno que contiene el desperdicio orgánico asciende a 5 ó 6 millones de toneladas, y ésta es prácticamente la misma cantidad que se administra al mundo en forma de fertilizantes nitrogenados. Esto es ciertamente un derroche que debe evitarse.

La gente empieza a darse cuenta de que es una equivocación el deshacerse de la basura quemándola, según evidencian las líneas siguientes del discurso presidencial de Mr. Wilson en la quinta Conferencia Internacional sobre la Limpieza Pública, en Edimburgo en 1953: «Han sido necesarias las estrecheces financieras y materiales de una guerra y sus consecuencias posteriores, para que las autoridades locales desistan del sistema tan caro y primitivo de quemar las basuras».

En Holanda, que es el país de Europa donde se llevan a cabo las operaciones más caras en cuanto a la formación de estiércoles artificiales, y que emplea un triturador hecho por Wetsrate, se utiliza para los abonos el 20 por 100 de los desperdicios. En 1932 el Gobierno holandés formó la Compañía para transformación de desperdicios, Ltd (VAM) y actualmente se aprovechan todos los años 163.000 toneladas de basuras domésticas de las ciudades para fabricar abonos baratos. En el proceso Dano, que se inició en 1933, y que ha desarrollado un digestor mecánico conocido con el nombre de Bio-estabilizador (1955), que funciona en Dinamarca, Suiza, Suecia, y en el proceso Ear-Thomas, en el método Irazier y en el proceso de la Compañía Kiker que se utilizan

en los Estados Unidos, y en los procesos Becarri y Verdier, que se utilizan en Francia e Italia, las basuras se pulverizan y se transforman en estiércol artificial en menos de una semana frente a los métodos corrientes en los que se requieren cien días.

Stovroff y sus colaboradores de la Compost Corporation of America (Corporación de abonos de América), fabrican humus con basura municipal. Según la Universidad de California, añadiendo los residuos del alcantarillado a los desperdicios, se crean condiciones de lo más favorable para la formación de estiércol artificial a 60° C (140° F) (véase «Reclamation of Municipal Refuse by Composting» (Aprovechamiento de las basuras municipales para los estiércoles), Universidad de California, 1953). Esta combinación de lodo de alcantarillas y de basuras se está llevando a cabo en las fábricas modernas, porque el cieno proporciona el nitrógeno y la humedad que se necesitan para el desarrollo rápido de los microorganismos necesarios para el estiércol artificial. En los Estados Unidos se producen 562.000 toneladas de N, 181.000 toneladas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 161.000 toneladas de K<sub>2</sub>O en los residuos, y en el mundo diez veces más. El lodo activado contiene 5-7 por 100 de N y 2-4 por 100 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, estando seco, y gran cantidad de materia orgánica. Sin embargo, L. Llein en su libro «Aspects of River Pollution» (Aspectos de la contaminación de los ríos), 1957, ha declarado: «Pero las grandes esperanzas puestas hace tiempo en su valor como fertilizante, no se han puesto en práctica hasta ahora, a causa de las dificultades que presenta el desecar el lodo». Eso es debido a que el lodo en bruto tiene mucha más agua; cada tonelada de sustancia seca que se aplica al campo ya acompañada de unas 10 a 20 toneladas de agua.

En la isla de Jersey, en el Canal de la Mancha, funciona una fábrica de abonos en la que se utilizan basuras municipales y residuos para fabricar humus con destino a los agricultores. Según el doctor G. Rhode, profesor de la Universidad de Humboldt, Berlín Oriental, se hacen estiércoles a base de basuras en Austria, Alemania Oriental y Hungría, a base de lodo de las alcantarillas, hierba y desperdicios domésticos en Maidenhead, en Lederhead y en el distrito de Southwark, Londres, en Edimburgo, en Damfries y otros lugares del Reino Unido, y en la mayoría de ellos la temperatura para su fabricación alcanza los 160° F (71° C) e incluso más con el fin de matar los organismos malignos, pero esto hace que se pierda una considerable cantidad de nitrógeno. En Africa del Sur, que produce 500.000 yardas cúbicas de estiércol artificial, y en Australia y Nueva Zelanda un elevado número de municipalidades transforman los desperdicios en humus, y en Costa Rica, en El Salvador, Méjico Kenya, Malaya, Africa, Baden-Baden y Heidelberg, se producen estiércoles artificiales.



En la ciudad de Bangkok la «Compost Engineers Ltd.», Londres, está construyendo una gran fábrica de estiércoles artificiales que costará 714.000 libras y en la que se transformarán residuos y desperdicios. Pero aún así, se están desperdiciando la mayor parte del estiércol de las basuras y de los residuos del mundo, excepto en la China y en el Japón.

Klein ha escrito: «Donde se dispone de zonas adecuadas, preferentemente en regiones alejadas de núcleos de población, puede aprovecharse el lodo húmedo por medio de un sistema de riego, arándolo después, y así, todo el riesgo de que los organismos patógenos transmitan enfermedades desaparece virtualmente, arando el lodo de forma que se introduzca en la tierra». Un punto de vista semejante ha sido expuesto por J. C. Wylie en su libro «Fertility from town Kaster» 1955.

Según un memorándum publicado por el Agricultural Research Council (Consejo de Investigación Agrícola) del Reino Unido, el lodo de las alcantarillas tiene bastante valor como fuente para la obtención lenta de nitrógeno y de fosfato, pero por estar escaso de potasa es inferior al estiércol de corral. Wylie ha escrito: «El lodo húmedo tiene todas las desventajas, aunque en menor proporción, que los residuos en bruto; es desagradable, contiene demasiada agua y hay que tener el mismo cuidado para proteger a las cosechas contra la contaminación a causa de los organismos patógenos.» Según un informe del Gobierno británico, el 75 por 100 del nitrógeno se pierde en forma de sales amónicas y nitratos, y esto asciende a 60.000 toneladas de nitrógeno al año en el Reino Unido. A este respecto, es de interés señalar que el County Council (Diputación Provincial) de Londres, ha decidido que las tierras dedicadas a la agricultura constituyen el medio más adecuado para deshacerse higiénicamente de los residuos de las alcantarillas.

La ciudad de Melbourne, Australia, en la Metropolitan Farm (Granja metropolitana), Werribee, distribuye en 26.000 acres de pastos 61 millones de galones de residuos tratados en parte, y los efectos son muy beneficiosos para la tierra, como se puede apreciar en los siguientes resultados:

*Composición de la tierra seca en tantos por ciento*

	Antes del riego	Después del riego	
	1913	1924	1938
N.....	0.13	0.26	0.30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0.05	0.17	0.25
K <sub>2</sub> O.....	0.15	0.80	1.09
CaO.....	0.06	0.32	0.39

En Allahabad, India, las Granjas del Colegio Agrícola de la Misión Americana, y otras granjas, se han beneficiado mucho utilizando las aguas residuales. En Alemania hubo una época en que se consideraba una ofensa punible el disponer de los residuos por otros medios que el de aplicarlos a la producción agrícola, a no ser que se demostrase que esto era impracticable. Desde 1930 han llevado a cabo en Francia, Argel, Alemania, el Reino Unido y la India, investigaciones para la producción de metano, pero desde 1945 en muchas granjas y pueblos de la India, de Argelia y de Europa, especialmente de Francia, el deshecho de las granjas, incluyendo las heces humanas, se digieren aeróbicamente en una serie de recipientes al aire libre para la producción de gas metano ( $\text{CH}_4$ ), que tiene un valor calorífico de 5 a 6 tons. de calorías por metro cúbico. En una reciente publicación (1957) de la O. E. E. C. sobre «Contaminación del aire y del agua» (Air and Water Pollution), se hace constar que en varias instalaciones municipales para los residuos, en los EE. UU. se obtiene metano, pero se destruye el cieno digerido.

J. C. Wylin, «Fertility from Town Wastes» (Fertilidad a base de la basura de las ciudades), 1955, página 204, ha dicho que los elementos nítricos del humus varían de 0,85 a 2,23 % de N; de 0,55 a 0,86 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 0,24 a 0,85 %  $\text{K}_2\text{O}$  arando los desperdicios, y el polvo de la basura se combina con 100 galones de lodo en bruto. En estos experimentos la pérdida de nitrógeno variaba de 35,8 a 90 %, y era tan considerable, debido principalmente a las temperaturas tan altas, 180° F (82° C) o más, y a la aireación rápida de los estiércoles artificiales. Igualmente Russel («Soil Conditions and Plant Growth» (Las condiciones del suelo y el cultivo de las plantas), 1950, pág. 233), ha señalado una pérdida del 51 % del nitrógeno a 35° durante ochenta y cuatro días, cuando se utiliza paja con carbonato amónico; Bould («The Preparation and Nature of Town's Refuse» (Preparación y naturaleza de la basura de la ciudad) (1945), observó pérdidas de nitrógeno del 28 al 43 %, y J. C. Scott («Health and Agriculture in China») Salud y Agricultura en China, 1952) declaró un 60 % de pérdida y la Universidad de California un 50 %. Por otro lado, en nuestro método de fabricar estiércoles a base de materias orgánicas con fosfato cálcico se fija, en vez de perderse, una considerable cantidad de nitrógeno atmosférico y más a la luz que en la oscuridad.

En los EE. UU., Stephenson y Bollen («Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10, 168, 1945) declararon que la composición y el valor fertilizador del residuo digerido y secado al sol, equivale prácticamente al de un buen estiércol, pero Lunt (Agosto, 1953) declaró que en las tierras ácidas, a veces, la presencia en los residuos de grandes cantidades de boro,

cobre, manganeso y zinc, puede ser perjudicial para el cultivo. Opina, sin embargo, que es económicamente ventajoso para los agricultores utilizar residuos cuando el campo pierde su fertilidad por falta de estiércol.

Un informe reciente del Gobierno Británico («Great Britain Natural Resources Technical Committee», 1954) «The Agricultural use of sewage sludge and composts» (Los usos agrícolas del lodo del alcantarillado y de los estiércoles artificiales), Londres, al mismo tiempo que admite que los abonos de esta clase tienen bastante valor, especialmente para la horticultura, llega a la conclusión de que la fabricación de estiércoles a base de basura doméstica y residuos líquidos por parte de las Autoridades locales, resulta en general antieconómico. Pero el informe de 1944 del Comité Científico Parlamentario («A Scientific Policy for British Agriculture») (Una Política Científica para la Agricultura Británica), párrafo 37, dice lo siguiente: «El papel tan complejo que desempeña la materia orgánica en la tierra, no se comprende todavía más que de manera imperfecta. Puede decirse, en verdad, que constituye uno de los problemas esenciales en el cultivo de la tierra en todo el mundo; es posiblemente uno de los mayores... El aprovechar de manera eficiente los residuos y basuras urbanas en conexión con la agricultura, debe seguir estudiándose cuidadosamente.» También Gurnham («Tratamiento Industrial», EE. UU. A., 1955), ha opinado que «la importancia de la elaboración de estiércoles ha de aumentar en el futuro en relación con el tratamiento industrial de los residuos».

#### NITRÓGENO DE LA LLUVIA Y DE LA NIEVE

Hemos observado con frecuencia que más beneficia para la agricultura el agua de la lluvia que igual cantidad de agua de riego, y esto es debido a la presencia de nitrógeno amónico y nítrico en el agua de la lluvia. Hemos determinado las cantidades de estos compuestos nitrogenados desde Allahabad y otras partes de la India y en el cuadro que damos a continuación figuran algunos de los resultados obtenidos:

Hemos señalado con frecuencia que en Allahabad, debido a la fotooxidación de los compuestos amoniacales que hay en el aire, hay mayor cantidad de nitrógeno nítrico que de nitrógeno amoniacal. Esto se observa también en otras regiones tropicales, sin embargo en las zonas templadas de la tierra ocurre a la inversa, ya que la fotooxidación del amoníaco en nitrato es menor, debido a que hay menor cantidad de radiaciones luminosas.

No es una novedad el que en lugares industriales, debido a la combustión de carbones y de otros combustibles, se libera amoníaco y

otros compuestos nitrogenados en el aire y la cantidad de nitrógeno de la lluvia y de la nieve recogido en zonas industriales es mayor que en las zonas no industriales. Por esto, el promedio de nitrógeno disponible en la lluvia y en la nieve que se precipitan en centros indus-

A Ñ O	Nitrógeno amónico en libras por acre	Nitrógeno nítrico en libras por año	Proporción entre el nitrógeno amónico y el nítrico	Total de nitrógeno que puede obtenerse y que cae en cada acre en libras por año
1932-33 (desde el 1.º junio 1932 al 31 mayo 1933).....	3.0365	5.734	1.9	8.799
1933-34. ....	2.932	4.364	1.7	7.296

(Véase M. R. DHAR («Influencia de la luz en algunos procesos químicos»), 1935, páginas 27-31.)

triales situados en regiones templadas, es de 10 libras por acre, mientras que el promedio en las zonas no industriales de estas regiones es de 4 libras por acre. Por otro lado, el promedio de tres ciudades industriales del trópico es de 7,7 libras, y el de seis centros no industriales del trópico es de 4,7. C. E. Millar («Soil Fertility», 1955) ha dicho que la precipitación puede proporcionar de 2 a 20 libras de nitrógeno, pero el promedio en lugares no muy próximos a zonas industriales es de 4 a 6 libras por acre. Según Collison y Mensching (N, Y, Agr. Expt. Sta. Tech. Bull. 193, 1932) 9 libras de nitrógeno por acre es el promedio conseguido durante diez años en Ginebra y en Nueva York, y P. E. Karraker y sus colaboradores obtuvieron el mismo promedio en igual tiempo en Kentucky. Pero Lyon y Buckman declaran que el promedio en regiones húmedas es de 6 libras por acre, lo que es igual a la pérdida de nitrógeno por lixiviación en los Estados del «Cinturón de grano» de los EE. UU. de A., donde se sigue una rotación de legumbres.

EL UTILIZAR MAYOR CANTIDAD DE ESTIÉRCOLES, PAJA, ABONOS VERDES Y RESIDUOS URBANOS MEZCLADOS CON FOSFATOS, ES ESENCIAL PARA LA PRODUCCIÓN ALIMENTICIA DEL MUNDO

Se ha calculado que en el mundo hay cuatro mil millones de acres de tierra disponible para el cultivo, y de éstos solamente se considera de primera clase un millón de acres.

La producción y el consumo de fertilizantes en el mundo durante los años 1955-56 fueron los siguientes:

REGION	Producción: 1.000 toneladas			Consumo: 1.000 toneladas		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Europa Occidental.....	2774.8	3352.0	3055.9	2248.9	3112.9	2639.9
E. U. A.....	2033.0	2252.0	1735.0	1714.0	1989.3	1777.1
Europa Oriental.....	1222.7	1341.8	2113.0	1263.8	1405.9	1502.4
Lejano Oriente.....	843.2	402.1	—	1145.0	411.9	428.3
Otras partes.....	513.9	1096.5	12.1	591.2	1230.2	422.3
TOTAL MUNDIAL.....	7387.6	8444.4	6916.0	6969.3	8150.2	6670.0

Por lo tanto, si los fertilizantes que se han consumido en el mundo se distribuyen por igual en los 4.000 millones de acres, cada acre de tierra puede recibir 3,5 libras de N, 4,05 libras de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 3,3 libras de K<sub>2</sub>O al año. Es una coincidencia interesante que la cantidad de fertilizante en los EE. UU. por cada acre, en 1956-57, tenga una misma proporción, es decir 4,2 libras de N, 4,6 libras de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 4,0 libras de K<sub>2</sub>O. Evidentemente estas cantidades son insuficientes para un cultivo intensivo, pues además, ya se ha mencionado anteriormente que las leguminosas añaden 5 millones de toneladas de nitrógeno por acre, es decir, 2,5 libras por acre, considerando cuatro mil millones de acres de tierra del mundo entero, y las basuras y los residuos, que tampoco se utilizan actualmente, pueden proporcionar otros cinco millones de toneladas de nitrógeno al año, lo cual supone otras 2,5 libras por acre, si estos desperdicios se utilizan del todo. Las precipitaciones atmosféricas, si se retienen del todo en la tierra, lo cual no siempre es posible, pueden aportar otras 4 o 6 libras de N por acre. Estas cuatro fuentes pueden, en condiciones ideales, proporcionar aproximadamente 14 libras de nitrógeno por acre y cantidades menores de fosfato y de potasa.

Según el Departamento de Agricultura de los EE. UU., el mundo produce mil cuatrocientos millones de toneladas de estiércoles, que contienen unos siete millones de toneladas de nitrógeno, 3,5 millones de toneladas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 5 millones de toneladas de K<sub>2</sub>O, pero en realidad solamente se utiliza el 15 % de este abono para la producción agrícola. Con nuestros experimentos hemos podido demostrar que este abono no solamente proporciona a las plantas las materias nutritivas que contiene, sino que fija el nitrógeno atmosférico y enriquece la tierra. Se deduce, por lo tanto, que para producir 1.100 millones de toneladas de productos alimenticios en el mundo entero, se necesitan 100 millones

de toneladas de nitrógeno, y haciendo uso de todo el nitrógeno artificial, de todo el nitrógeno procedente de basuras y residuos, de todo el de las precipitaciones atmosféricas, del de las leguminosas y del de los abonos, se obtendrán tan sólo unos 34 millones de toneladas aproximadamente. De igual manera, de los fertilizantes fosfatados, de las basuras y residuos, y de los abonos, no se puede obtener más que de 14 a 15 millones de toneladas por acre cada año. Por lo tanto, los 4.000 millones de acres de tierra cultivable que hay en el mundo, se proveen de las sustancias nutritivas que han de necesitar las plantas, que a su vez han de constituirse en la producción alimenticia mundial, fijando el nitrógeno atmosférico al suelo por el proceso de oxidación lenta de los compuestos orgánicos; de aquí que el aumentar la fertilidad de la tierra sea de importancia capital para la humanidad.

Hay informes de que en la India se quema el 40 % del estiércol de establo como combustible, y que otro 20 % se pierde por no saber aprovecharlo, y aunque hay 25 millones de toneladas de residuos humanos, solamente se utilizan 1,2 millones. La producción de fertilizantes químicos fué tan sólo de 86.400 toneladas en 1955-56, pero la tierra cultivable es de 149.956.000 hectáreas, y como no se utiliza para la agricultura más del 40 % de estiércol y cantidades muy pequeñas de residuos humanos, tan sólo hay un kilogramo de nitrógeno disponible para cada hectárea de tierra, sin embargo, recientemente la producción de estiércoles ha aumentado en la India de 182.610 a 2 millones de toneladas al año.

Según los resultados experimentales obtenidos por nosotros y que figuran en las páginas anteriores, es evidente que las sustancias orgánicas, tales como el estiércol de ganado, las basuras municipales, la paja, la melaza, etc., cuando se incorporan a la tierra arándolas, no solamente suministran a la planta las sustancias nutritivas que contienen, sino que fijan el nitrógeno atmosférico y retardan la pérdida de nitrógeno de la tierra que se está cultivando, por actuar como catalizadores negativos en la nitrificación de proteínas y de las sales amónicas. De esta forma pueden aumentar la fertilidad de la tierra permanentemente, y esto puede acentuarse añadiendo fosfatos cálcicos a la materia orgánica y esta mezcla produce y estabiliza el humus que contiene la tierra. Además el estiércol, la paja y otras sustancias orgánicas, suministran también fosfato, potasa, cal, y poco a poco van creando una base fija de fosfato. Sir John Russell ha declarado inequívocamente, que la tierra que se cultiva tanto en Rothamsted como en Woburn se ha deteriorado, aún cuando se le echan grandes dosis de sulfato amónico o nitrato sódico todos los años, junto con cantidades adecuadas de superfosfato y potasa. Esto es debido indudablemente a la reacción de la sustancia oxidante del nitrato producida en la nitrifi-

ficación de las sales amónicas, o por añadir nitrato sódico a las sustancias carbonosas que hay en el humus del suelo. Por lo tanto, se ha observado una considerable pérdida del nitrógeno del humus en los experimentos de Rothamsted. Además de en los de Escocia hechos por J. Hendrick, por tratar cada acre de tierra cultivada con 8 libras de nitrato sódico o 107 de N en forma de sulfato amónico (véase Dhar, «Anales del Real Colegio de Agricultura de Suecia», 21 (1954), 105-160). Por otro lado, al incorporar 14 toneladas de estiércol de corral en la rotación de cuatro años de Rothamsted, donde la temperatura del suelo es de unos 10°C, no sólo no se deterioró el suelo, sino que mejoró. La pérdida de humus en cuatro años de cultivo lo compensan las 4.000 libras de carbono orgánico introducido en las 14 toneladas de estiércol de corral. Estos compuestos carbónicos también fijan nitrógeno atmosférico y mejoran la fertilidad. De aquí se deduce que para evitar que al cultivar la tierra se pierda el humus, que es una sustancia orgánica que se oxida fácilmente, es necesario incorporar a la tierra unas 1.000 libras de carbono orgánico al año en países templados, y esto es posible arando de 3,5 a 4 toneladas de estiércol por acre al año. Ya hemos dicho que se dispone aproximadamente de 1.400 millones de toneladas de estiércol de corral para 4.000 millones de acre de tierra cultivable en el mundo, así que no cabe duda de que hay una gran escasez de estiércol, aun en el supuesto de que no se desperdicie esta materia tan importante, y debido a la introducción de tractores y otras máquinas en la agricultura moderna, los animales están disminuyendo, por lo que la cantidad de estiércol que hay es inadecuada. Pero nuestros resultados experimentales de las páginas anteriores demuestran que la paja que es abundante y no se utiliza en la agricultura, cuando se la introduce arándola en la tierra puede, como el estiércol, fijar el nitrógeno atmosférico y proteger a los compuestos nitrogenados para que no pierdan demasiado nitrógeno. Así que nosotros estamos utilizando una mezcla de paja y rocas fosfatadas pulverizadas, o escoria básica, que es muy económica, con el mismo fin. La paja (de trigo, de cebada o de avena) en la proporción de 2  $\frac{1}{2}$  a 3 toneladas por acre mezclada con 50 a 100 libras de  $P_2O_5$  en forma de escoria básica pulverizada (escoria Thomas) o roca fosfatada blanda en pedazos pequeños, se introduce arándola en agosto cuando los campos están dispuestos después de la recolección. En este proceso las sustancias orgánicas que hay en la paja se oxidan parcialmente liberando energía, y el nitrógeno del aire se fija en la superficie de la tierra con la ayuda de la absorción de la luz que cae sobre ella. Además el ácido carbónico y otros ácidos débiles producidos en la oxidación de las sustancias orgánicas hacen que la escoria básica o que la roca fosfatada se hagan poco a poco aprovechables para las cosechas. La potasa que hay en la paja también se hace ase-

quible a las plantas con el tiempo y, en cinco o seis meses, la tierra está preparada para la siembra de una cosecha adecuada, aun en regiones templadas, con una temperatura media en el suelo de 9 a 10°C.

La tierra debajo de la hierba, libre de leguminosas, se hace más rica en nitrógeno debido principalmente a la fijación de nitrógeno atmosférico procedente de la oxidación de materias orgánicas, que se incorporan a la tierra procedentes de las hierbas y que preservan el nitrógeno de la tierra de una nitrificación rápida y de pérdida, mejorando las propiedades físicas de la tierra. El carbonato cálcico, y en especial el fosfato cálcico, benefician mucho a este proceso. Ya se ha hecho constar que cuando se incorpora a la tierra estiércol, la situación del nitrógeno de la tierra mejora mucho, pues resulta que al arar en la tierra, o estiércol o paja, éstos hacen el mismo efecto que la hierba al crecer en ella en cuanto a la fijación del nitrógeno, a su preservación y al mejoramiento de las propiedades físicas de la tierra. Es bien conocido el hecho de que cuando se aplican fosfatos cálcicos o escoria básica aumenta el crecimiento de las leguminosas y se enriquece la tierra por fijarse más nitrógeno, pero no cabe duda de que incluso las hierbas sin leguminosas también mejoran la tierra al aplicarlas fosfatos de roca en polvo o escoria básica, por fijarse más nitrógeno, según hemos podido observar nosotros. Además, introduciendo mezclado con escoria básica o fosfato cálcico, mejora mucho la tierra por fijar nitrógeno en oxidación lenta de las sustancias orgánicas incorporadas a la tierra por las hierbas y preservando el nitrógeno de la tierra y mejorando las propiedades físicas de ésta. Como en el estiércol, la proporción C/N de las hierbas es generalmente mayor que la de las leguminosas, que son naturalmente más ricas en nitrógeno que las hierbas, de que aquí que como en el estiércol, los efectos residuales de las hierbas como abono es mayor que el de las leguminosas, por lo que una mezcla de las dos en rotación beneficia la fertilidad más que si se aplican separadamente. La mayor cantidad de compuestos carbonosos que hay en las hierbas hacen que se pueda fijar el nitrógeno atmosférico, especialmente con la ayuda de fosfatos, y pueden actuar como protectores de los compuestos nitrogenados que hay en las leguminosas o en las tierras, por haber sufrido una rápida nitrogenación y pérdida. Por lo tanto, las hierbas incorporadas al suelo arando, es decir, rompiendo una rotación, pueden dar los mismos resultados que el estiércol, así que éste no es indispensable para mantener y aumentar el humus de la tierra y su fertilidad, porque las hierbas que sufren una oxidación lenta en la tierra, en presencia de escoria básica o fosfatos cálcicos en rocas fosfatadas, pueden suplir humus, nitrógeno, fosfato y potasa, de aquí que nuestras observaciones experimentales sobre la fijación del nitrógeno atmosférico y sobre la formación de humus aran-



do materia orgánica y fosfatos cálcicos, nos lleven claramente a la conclusión de que el mejoramiento de la fertilidad depende: a) de incorporar materia orgánica; b) de airear la tierra; y c) de los fosfatos cálcicos. Nuestras investigaciones pueden aplicar satisfactoriamente lo que se ha llegado a conseguir en Clifton Park y en Cockle Park, en Inglaterra, en cuanto a mejorar la fertilidad arando y fosfatando. Como por la fotosíntesis se está añadiendo continuamente materia orgánica al suelo, la fertilidad del campo puede mejorarse fácilmente a muy bajo coste con escorias básicas y fosfatos de roca que son baratos. Nuestras investigaciones nos han llevado a la conclusión de que al arar en la tierra una mezcla de fosfatos cálcicos como escorias básicas o fosfatos de roca y sustancias orgánicas, como estiércol, hierbas, paja, hojas, abono verde, mezcla, basuras, jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), turba y lignito, se la puede fertilizar permanentemente, por disminuir su acidez al fijarse nitrógeno atmosférico y porque se abastece de N, P, K y de elementos vestigiales, por crearse humus y por disminuir la lixiviación de cal. A este respecto, las siguientes líneas del libro «Ley Farming», de Sir George Stapledon, son de interés: «Considerada como agente para aumentar la fertilidad de la tierra, la hierba tratada debidamente puede considerarse como quizás uno de los más valiosos elementos para el agricultor»; y en su libro «The Way of the Land» ha declarado que: «Teniendo en cuenta el extremo opuesto —es decir, las tierras más pobres— no hay nada semejante al arar hierba continuamente, acompañando esto de una adecuada aplicación de cal y de fosfatos, para conseguir la fertilidad.» Y es que en la rotación, las leguminosas fijan el nitrógeno atmosférico y mejoran el que hay en la tierra, pero cuando se las rompe al ararlas y se las mezcla con la tierra y se fosfata, también hay una notable fijación de nitrógeno y aumenta la fertilidad, por utilizarse la energía liberada en la oxidación de los compuestos carbonosos que se han introducido y por la absorción de la luz.

Un método importante para aumentar la materia orgánica del suelo consiste en utilizar abono verde, que empezó a aplicarse en la China, donde el valor fertilizante de las malas hierbas fué observado ya entre 1134-247 a. C. Theophrastus, que falleció en 278 a. C., escribió que en algunos lugares de Grecia a las judías (*vicia faba*) se las daba la vuelta cuando estaban en flor. En los tiempos modernos el doctor A. Schutz-Lupitz utilizó principalmente el altramuz, que es lo que se utilizaba en la época greco-romana, para mejorar las tierras arenosas de Prusia, y lo hizo con tanto éxito, que en Alemania se le venera como una gran figura de la Agricultura y se le considera tanto como al Barón von Liebig, el fundador de la teoría mineral de la nutrición

de las plantas. En el NO. de Europa el abono verde no se utiliza mucho, pues como la temperatura es baja, son muy lentas la descomposición y la oxidación de las celulosas y de los otros componentes orgánicos de las plantas verdes; sin embargo, en los EE. UU. de A. y en el Oriente Lejano, es un método muy popular para mejorar la tierra.

J. B. Abbot, de Vermont, EE. UU. de A. ha dicho: «Si tuviéramos que resumir en tres frases toda la sabiduría del suelo acumulada a través de cien generaciones de agricultores y maestros, una de estas frases sería, sin duda alguna, la siguiente: «Hay que estar preparado para abastecer la tierra regular y frecuentemente de materia orgánica.»

Collings («Commercial Fertilizers», 1947, pág. 436), ha declarado lo siguiente: «Muchas estaciones de experimentación agrícola han demostrado que al aplicar al suelo abonos verdes, además de un fertilizante completo, da como resultado el que aumente la producción de las cosechas siguientes. A la mayoría de las tierras les beneficia el echarlas materia orgánica adecuada, sin perjuicio de la que ya tengan.

No es una novedad el hecho de que los suelos ricos en materia orgánica contengan más fósforo fácilmente asequible a las plantas que los suelos pobres en ella». De igual forma, F. E. Bear y B. I. Prince («New Jersey Agricultural Experiment Station Bull'», 757, 1951) han hecho constar que la utilización de materias orgánicas de manera sistemática en un cultivo continuado aumentó el producto de las cosechas en un 39 %.

En la India y en la China se utiliza mucho el abono verde y se ha encontrado que el cáñamo (*Crotalaria juncea*) da muy buenos resultados. G. Clarke trabajando en U. P. India, aumentó la producción de caña de azúcar a 850 matinds (1 maund = 83,2 libras) por acre introduciendo en el suelo 2/8 maunds de cáñamo que a su vez contenía 50 maunds de materia orgánica seca y 75 libras de nitrógeno por acre, y la producción que se registró fué de 649 maunds por acre.

Nosotros hemos llevado a cabo gran cantidad de experimentos relacionados con la fijación de nitrógeno, mezclando leguminosas con la tierra, y hemos observado que al oxidarse lentamente los compuestos orgánicos que hay en éstas, se fija una considerable cantidad de nitrógeno y la fijación aumenta apreciablemente si añadimos fosfatos cálcicos. Así como la alfalfa (*Medicago Sativa*) a 25° mezclada con tierra de Allahabad, la cantidad de nitrógeno fijado en miligramos por cada gramo de carbono oxidado es de 42 a la luz y de 21,7 en la oscuridad, mientras que en presencia de un 1,25 % de  $P_2O_5$  en forma de  $CaHPO_4$  se fijaba 69 a la luz y 35 en la oscuridad. Se obtuvieron iguales resultados con trébol, con cáñamo, con almortas (*cow pea*) y otras

leguminosas. Por lo tanto, estamos convencidos de que cuando se utiliza abono verde, incluso en regiones templadas, es muy importante para la fertilidad del suelo añadir escoria básica, porque ayuda a la oxidación de los compuestos carbonosos que se encuentran en el abono. Como estos abonos generalmente no contienen mucha lignina, no dan tan buenos resultados para la formación del humus como el estiércol para corral o la paja, y los abonos a base de materia orgánica son mejores para este fin que los verdes. La composición del estiércol artificial depende de la naturaleza de las materias con que se han elaborado, de aquí que los preparados con residuos de las granjas y con residuos agrícolas contenga de 0,6 a 1 por 100 de N, de 0,28 a 0,68 por 100 de  $P_2O_5$ . Los abonos VAM de los Países Bajos, preparados con basura corriente, desperdicios o materias pobres en nitrógeno, contienen de 0,4 a 0,5 por 100 de N, de 0,4 a 5 por 100 de  $P_2O_5$  y 0,4 de  $K_2O$ , y de 75 a 80 por 100 de ceniza. Además, según Mc Gauhey y Gotaas (Trans. Amer. Soc. Civ. Engs. 120, 897, 1955) los abonos elaborados con residuos y basuras municipales que contienen grandes cantidades de celulosa, como papel, contienen los ingredientes siguientes: N, 1,4 por 100;  $P_2O_5$ , 1,1 por 100;  $K_2O$  0,8 por 100; C, 28 por 100 y ceniza 37 por 100; pero los elaborados con estiércol y con un fondo de paja y alfalfa, contienen: de 0,8 a 2,8 por 100 de N, de 2,2 a 4,7 por 100 de  $P_2O_5$ , 1,5 a 5,2 de  $K_2O$ ; de 14 a 31 por 100 de C y de 20 a 56 por 100 de ceniza (véase «Crotaas Composting», 1956, pág. 106); con nuestras investigaciones hemos llegado a la conclusión de que se consiguen mejores abonos cuando se mezclan con fosfatos cálcicos las materias con que se van a elaborar, además de que estas sustancias orgánicas previamente mezcladas con fosfatos producen más humus y mayor fertilidad que el abono, por hacer que se fije mayor cantidad de nitrógeno atmosférico y que economicen los compuestos nitrogenados del suelo, pero para que esto dé resultados es necesario dejar un intervalo de tiempo, cuya longitud depende de la temperatura del suelo desde que se introducen en la tierra estas materias hasta que se siembran.

Ya hemos dicho que los 1.400 millones de estiércol que se producen en el mundo contienen aproximadamente 7 millones de toneladas de nitrógeno, y nuestras investigaciones nos han demostrado que el estiércol, la paja, etcétera, cuando se añaden a la tierra fijan mayor cantidad de nitrógeno, en presencia de fosfatos cálcicos y a la luz del sol, que en la oscuridad; de aquí que si se incorporase a la tierra todo el estiércol, podrán fijarse al suelo de 7 a 8 toneladas de nitrógeno, o dicho de otra manera, el estiércol puede enriquecer las tierras del mundo entero con unos 15 millones de toneladas de nitrógeno, pero además, se cultivan 650 millones de toneladas de cereales en el mundo, por lo que la producción de

paja de éstos es de unos 1.100 millones de toneladas, y esta paja puede contener de 7 a 8 millones de toneladas de nitrógeno, de forma que si se la introduce en el suelo con escoria básica o fosfatos de roca, puede fijar unos 10 millones de toneladas de nitrógeno atmosférico. Nuestros experimentos demuestran también que las basuras municipales pueden fijar una cantidad considerable de nitrógeno atmosférico cuando se las introduce en la tierra, y especialmente en presencia de escoria básica o de fosfato de roca pulverizado. Teniendo todo esto en cuenta, se llega a la conclusión de que todos estos procesos para mejorar la fertilidad del suelo a base de introducir en él sustancias orgánicas, como estiércol de corral, paja, jacinto de agua, basura y residuos de alcantarillado, melaza, torta de melazas y otros residuos de la industria del azúcar, mezclados con fosfatos cálcicos, proporcionan al suelo cantidades de compuestos nitrogenados mucho mayores que la industria del nitrógeno, además de que las sustancias orgánicas tienen la propiedad de aumentar el humus y la fertilidad de la tierra, mientras que las inorgánicas acaban por deteriorarlo. También hay que intensificar el cultivo de las plantas leguminosas y la retención y la utilización rápida de los compuestos nitrogenados, aportados por la lluvia y la nieve.

Hace poco, H. G. Sanders decía en su libro «British Crop Husbandry», 1958, pág. 56: «Con el descubrimiento de los fertilizantes químicos se ha dado, naturalmente, un paso muy importante en la Agricultura, pero el estiércol de corral, sigue siendo la base de una buena política de abonos.» Sir John Russell en su reciente libro «World of the Soil» (El mundo del suelo), ha comentado que en el Reino Unido ha aumentado la producción de alimentos, pero que el precio para conseguirlo ha sido colosal, de donde se deduce que no cabe duda de que una mayor utilización de las sustancias orgánicas mencionadas anteriormente, mezcladas como también se ha mencionado ya, con materias fosfatadas baratas, puede ciertamente resolver el problema de la escasez de alimentos, especialmente en los países atrasados. Como esta escasez es grande, tomando el problema del mundo en conjunto, se está prestando mucha atención a nuestras investigaciones sobre la fijación de nitrógeno a base de echar sustancias orgánicas al suelo. A propósito de esto, Sir John Russell comentó lo siguiente en «Nature» abril, 1936, pág. 619: «El Profesor Dhar acaudilla la escuela de los que sostienen que la nitrificación del suelo y que la fijación de nitrógeno de la atmósfera son por lo menos tan fotoquímicos como la acción bacteriana, especialmente en los trópicos. El profesor Dhar ha presentado pruebas fehacientes en apoyo de sus teorías.»

El director de «Farmer», Mr. Newman Turner, ha declarado: «Pero

los descubrimientos del Dr. Dhar son indiscutibles; llevamos siete años poniéndolo en práctica en Goosegreen Farm con mucho éxito.»

El Sr. Jorian Jenks, en «Mother Earth», octubre, 1957, pág. 1.067, hizo la siguiente reseña: «Relacionándolas con el trabajo del profesor Virtanen en Finlandia, las investigaciones del profesor Dhar demuestran lo relativamente insignificante que es la aportación de los fertilizantes nitrogenados artificiales a la agricultura mundial. Este trabajo llevado a cabo en la India, es de gran importancia en lo que se refiere al problema de alimentar a la creciente población mundial.»

El Sr. J. I. Rodalé, de Pensylvania, en «The Farmer», 1949, Winter Issue. (Edición de Invierno, pág. 10) escribió lo siguiente: «Decir que ésta es una situación emocionante, es quedarse corto. Según parece, estamos en vísperas de algo espectacular. La primera fase del trabajo lo llevó a cabo Howard en la India, y he aquí otra realizada en el mismo país.»

Dr. C. M. Hoak, de California, se ha expresado de la siguiente forma: «He leído con gran interés las muy útiles investigaciones químicas sobre terrenos agrícolas llevadas a cabo por el Dr. Dhar. Estas publicaciones deberían estar en las manos de todos los agricultores progresistas. Para nosotros, los del semi-árido Suroeste, ha sido de especial interés: «El mejoramiento de la tierra alcalina tratándola con melaza y tortas de melazas, y para todo el país es de gran importancia la nueva luz lanzada sobre el problema de la nitrificación directa del suelo.»

Dr. A. Aslander, de la «Kungl. Telzniska Högskolan Stockholm», ha señalado recientemente lo que sigue: «Mr. Bjälfre ha estado también muy escéptico en cuanto a la fijación del nitrógeno fuera de las bacterias de las leguminosas, pero últimamente ha escrito una pequeña memoria en la que da cifras, demostrando una considerable fijación en nuestras condiciones, así que tenemos que cambiar nuestro parecer. El descubrimiento de esta forma de fijar nitrógeno, estoy seguro de que se contará entre los más importantes en lo referente a la fertilidad del suelo.»

El hecho de que la mezcla de paja y escorias Thomas es muy provechoso para la producción de la cosecha, ha sido demostrado por Lady Eve Balfour de la Soil Association, Haughley, Suffolk (Inglaterra). Tenía un campo de 5,42 acres que contenía paja de cebada extendida por todo el campo. A una porción del campo (A) se le añadió sulfato amónico, en una proporción de 112 libras de nitrógeno por acre, el 17-10-57. A la segunda porción (B) se le añadió al arar 99 libras de  $P_2O_5$  como escoria Thomas, el 16-12-57. A la tercera parte (C) no se añadió nada a la paja. Todo el campo se aró a principios de enero de 1958. El 3 de abril de 1958 se añadió un fertilizante combinado. en

la proporción de 25 libras de N, 62 libras de  $P_2O_5$  y 62 libras de  $K_2O$  por acre. El 10 de abril de 1958 se sembró cebada y la cosecha se recogió el 6 de septiembre. Obtuvo un total de  $20 \frac{4}{5}$  cwt. de cebada por acre en la sección A, a la cual se había añadido  $(NH_4)_2SO_4$ , y  $30 \frac{2}{7}$  cwt. de cebada en la sección B, a la que se habían añadido 99 libras de  $P_2O_5$  de escoria Thomas por acre y 14 cwt. en la sección C de control. También observó que el contenido en nitrógeno era más elevado en la porción tratada con paja + escorias Thomas.

En mi comunicación presidencial a la Academia Nacional de Ciencias, de la India (1952), recalqué la importancia de la aplicación de escoria básica pulverizada o fosfato de roca a los árboles forestales. Explicué esta idea al profesor A. I. Virtanen, de Helsinki, y al profesor O. Arrhenius, de Kagghamra. Grödinge (Suecia) a principio de 1954. La adición de estos fosfatos cálcicos alcalinos a las hojas y al humus que se encuentran alrededor de los troncos de los árboles lleva a la fijación de nitrógeno atmosférico y liberación de nitrógeno asimilable, fosfato, potasio y elementos traza. Constituye una especie de mantillo fosfatado alrededor de los árboles y provisión de elementos para la planta. Aplicando un kg. de fosfato de roca pulverizada por árbol, el Dr Arrhenius ha comprobado un crecimiento de  $4,5 m^3$  por año, frente a  $2,8 m^3$  en los árboles de control, sin fosfato de roca. Esto es de considerable importancia en mejora forestal.

En los EE. UU. se extraen en las cosechas alrededor de 7,5 millones de toneladas de N, y solamente se proveen como fertilizantes químicos un millón y medio y, por lo tanto, hay un déficit de 6 millones de toneladas de N en la agricultura de los EE. UU. por acre. Pero la absorción de fosfato de 2,1 millones de toneladas por la cosecha, está equilibrada por los fertilizantes fosfatados. Parece que la acentuada deficiencia de N, de 6 millones de toneladas por acre, debe ser compensada en un proceso de recuperación natural por medio de la fijación de oxígeno atmosférico, por la oxidación de materia orgánica, lo cual está ciertamente favorecido por la adición de grandes cantidades de fertilizantes fosfatados.

#### RESUMEN

Nuestros resultados experimentales demuestran que al mezclar con la tierra sustancias orgánicas tales como la melaza, el azúcar de caña, el estiércol, la paja de trigo, los residuos municipales, éstas sufren una oxidación lenta en contacto con el aire, pues las cantidades de compuestos carbonosos disminuyen con el tiempo. En estas oxidaciones lentas se libera energía, como en la siguiente ecuación con glucosa:  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 6 H_2O + 676$  calorías. La energía que se libera se utiliza para fijar el nitrógeno del aire a la superficie del suelo formándose amoníaco,

aminoácidos, etc., y así, con lo que disminuyen los compuestos carbonosos, hay un aumento de nitrógeno total en todos estos experimentos. Cuando a estos sistemas les da la luz del sol o se iluminan con luz artificial, se absorbe parcialmente la energía de la luz, y ésta es utilizada para aumentar la fijación de nitrógeno que tiene lugar en estos sistemas. Por lo tanto, en todos los experimentos la fijación de nitrógeno es mucho mayor a la luz que en la oscuridad, aunque el número de Azotobacterias, totales y hongos sea siempre menor a la luz que en la oscuridad. Nuestros resultados evidencian que el valor del estiércol no solamente depende de las materias de valor nutritivo para las plantas que contenga, sino también en su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico. En presencia de fosfatos cálcicos, fosfatos de roca pulverizados muy finamente y escorias básicas, aumenta considerablemente la fijación de nitrógeno por cada gramo de carbono oxidado. De aquí que esta manera de fijar nitrógeno a la luz del sol o a la artificial y en presencia de fosfatos cálcicos, sea de mayor eficacia que los métodos industriales, y esta fijación parece ser el principal origen del nitrógeno del suelo de todo el mundo. Por lo tanto, para mejorar la fertilidad y el humus es siempre conveniente introducir en el suelo por medio del arado, estiércol, paja, etcétera etcétera, mezclados con escoria básica o rocas fosfatadas y así aumentará el humus del suelo, se abastecerá a las plantas de nitrógeno, fosfatos, potasa y elementos vestigiales y se mejorarán las condiciones físicas de la tierra. Pero, además, estas mezclas pueden mejorar los terrenos alcalinos y disminuir la lixiviación de la cal de los suelos.

Cuando los fertilizantes o los abonos nitrogenados sufren el proceso de nitrificación, se forma siempre la sustancia inestable nitrato amónico que se descompone en gas nitrógeno y agua ( $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 781$  calorías), y esto es por lo que se pierde mucho nitrógeno al tratar las tierras con fertilizantes nitrogenados o abonos y en las cosechas se recupera siempre menos nitrógeno que fosfato y potasa. Los fosfatos y las materias orgánicas estabilizan las proteínas y retardan esta pérdida de nitrógeno.

Al elaborar estiércoles artificiales con materias animales y vegetales, debería añadirse siempre escoria básica, rocas fosfatadas y superfosfatos, ya que el fosfato cálcico puede fijar nitrógeno atmosférico en mayor cantidad a la luz que en la oscuridad, de aquí que el contenido total del nitrógeno en los estiércoles artificiales fosfatados sea mucho mayor que en los no fosfatados. Una mayor utilización del estiércol, paja, hojas, abonos verdes, leguminosas, hierbas, rotación con leguminosas, residuos municipales, etc., mezclados con escoria básica o rocas fosfatadas y un rápido aprovechamiento del nitrógeno de las precipitaciones atmosféricas, puede solucionar la escasez de los fertilizantes artificiales y ayudar a aumentar el humus del suelo y mejorar la tierra permanentemente

## ORGANIC SUBSTANCES AND CALCIUM PHOSPHATES IN FERTILITY IMPROVEMENT

### SUMMARY

Experimental results show that organic substances like molasses, canesugar, cow dung, wheat straw, municipal wastes undergo slow oxidation in air when mixed with soil, as the amounts of carbonaceous compounds decrease with lapse of time. In these slow oxidations energy is liberated as in the following equation with glucose:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 676$  Cal. The energy liberated is utilized in fixing the nitrogen of the air on the soil surface forming ammonia, amino acids etc. and thus with the decrease in the amounts of carbonaceous compounds,

there is increase of total nitrogen in all these experiments, when these systems are illuminated by sunlight or artificial light, the light energy is partially absorbed and is actually utilized increasing the nitrogen fixation taking place in the systems. In all experiments therefore, the nitrogen fixation is much greater in light than in the dark, although numbers of Azotobacter, total bacteria and fungi are always much smaller in light than in the dark. Our results show that the value of dung not only depends on its plant nutrient contents but also on its power to fix atmospheric nitrogen. In presence of calcium phosphates, finely powdered rock phosphates, basic slags, the fixation of atmospheric nitrogen per gram of carbon oxidized is considerably increased. Hence the efficiency of this type of nitrogen fixation in presence of sunlight or artificial light and calcium phosphates is much greater than the efficiency of the industrial methods of fixing nitrogen and this nitrogen fixation seems to be chief source of world soil nitrogen. Consequently for improving soil fertility and humus it is always desirable to plough in cattle manure, straw, leaves, molasses, legumes, grass sods, green manures, municipal wastes, sewage sludge other organic wastes in the world soils mixed with basic slag or phosphate rocks for the fixation of atmospheric nitrogen and increase in the humus status of lands and supply of available nitrogen, phosphate, potash and trace elements to crops and improve the soil physical properties. These mixtures can also reclaim alkali soils permanently and decrease the leaching of lime from soils.

When nitrogenous fertilizers or manures undergo nitrification, there is always there formation of the unstable substance ammonium nitrite, which breaks up into nitrogen gas and water ( $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 718 \text{ Cal.}$ ) and that is why there is considerable loss of nitrogen when soils are treated with nitrogenous fertilizers or manures and the recovery of nitrogen in crops is always smaller than those of phosphate and potash. Phosphates and organic matter stabilize proteins and retard this nitrogen loss.

In composting plant and animal materials basic slag, phosphate rocks, superphosphates should always be added, as calcium phosphate in compost can fix atmospheric nitrogen, more in light than in the dark and hence the total nitrogen contents of phosphated composts are much greater than those in unphosphated compost. Greater utilization of dung, straw, leaves, green manures, legumes, grasses, leys municipal wastes etc. mixed with basic slag or phosphate rocks and speedy use of precipitation nitrogen can meet the shortage of artificial fertilizers lead to increase of soil humus and cause permanent land improvement.



# ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO EN MANGANESO DE ROCAS, ARENAS Y MATERIALES ARCILLOSOS

por

R. GALLEGO y C. BUENO

En un trabajo anterior (1) hemos estudiado el contenido y la distribución del manganeso en perfiles geológicos o de suelos, habiéndose observado algunas tendencias del manganeso a acumularse en aquellos horizontes más ricos en arcilla. Con el fin de obtener una información más amplia sobre el comportamiento de este elemento en relación con la proporción de arcilla, materia orgánica, carbonato cálcico y pH, hemos seleccionado aquellas muestras que por su naturaleza nos han parecido más representativas, y hemos formado los grupos siguientes: rocas, arenas y arcillas.

Las aguas naturales en su acción erosiva disuelven al manganeso al estado de ión divalente, fundamentalmente en forma de bicarbonato, y al ponerse en contacto con los distintos materiales de suelos y sedimentos, si las condiciones físico-químicas (pH, potencial redox, presión del  $\text{CO}_2$ , capacidad de adsorción) son adecuadas, el manganeso pasa a la fase sólida y queda incorporado al material en cuestión mientras aquellas condiciones físico-químicas no se modifiquen; así que la concentración de manganeso guardará una cierta relación con la naturaleza y propiedades de los distintos materiales que forman el suelo o el sedimento. Dada la complejidad del fenómeno, esta relación solamente podremos observarla mediante estudios estadísticos (2) aplicados a las muestras en las cuales el manganeso se puede considerar como oligo-elemento.

Los números de las muestras corresponden a la publicación anterior. Los resultados de manganeso se dan en partes por millón, siendo los valores tabulados bajo la letra *t* correspondientes al manganeso total,

y bajo la letra s al manganeso soluble en ácido acético al 2,5 por 100. Se han seguido los métodos de análisis descritos en (1).

### I. MANGANESO EN ROCAS

En la tabla siguiente se dan los resultados correspondientes a rocas calizas y a rocas silíceas.

#### *Rocas calizas*

N.º muestra	Localidad	% CO <sub>3</sub> Ca	Mn en p. p. m. t
35	Alcalá-Loeches ... ..	78,3	1746
100	Quinto... ..	94,8	396
136	Busturias... ..	97,2	380
148	Murgia ... ..	91,2	109
105	Azaña ... ..	82,2	105
139	Pedernales... ..	97,2	70
145	Amboto ... ..	91,9	65
24	Valle de Torija... ..	98,2	13

#### *Rocas silíceas*

N.º muestra	Localidad	% SiO <sub>2</sub>	Mn en p. p. m. t
154	Rigoitia ... ..	54,9	959
140	Guernica... ..	49,6	456
47	Torrejón-Loeches ... ..	44,7	387
48	Torrejón-Loeches ... ..	48,7	352
44	Alcalá-Loeches ... ..	53,6	315
10	Madrid... ..	75,4	281
28	Valle de Torija... ..	65,3	205
34	Alcalá-Loeches ... ..	50,0	196
69	Jarama... ..	76,9	153
87	El Berrueco ... ..	42,6	133
82	El Berrueco ... ..	79,0	92
130	Santander... ..	93,0	21

Los valores calculados son:

	Valor medio en p. p. m. de Mn	Desviación standard
Rocas calizas... ..	360	578
Rocas silíceas ... ..	297	243

Los valores tan elevados de las desviaciones standard, especialmente el que se refiere a las rocas calizas, están producidos por la primera muestra en cada uno de los grupos. Teniendo en cuenta que estos dos valores se hallan muy lejos del valor medio correspondiente, hemos repetido los cálculos prescindiendo de ellos. Los resultados obtenidos son los que siguen:

	Valor medio Mn p. p. m.	Desviación standard
Rocas calizas... ..	162	157
Rocas silíceas ... ..	236	134

Estos valores medios, con unas desviaciones standard más pequeñas, nos parecen más representativos de nuestro grupo de muestras. El valor medio en rocas calizas es inferior al que dan las rocas silíceas; con el fin de ver si estas diferencias tienen significación estadística, hemos hecho el análisis de la varianza, cuyos resultados se exponen en el cuadro siguiente:

	Suma de cuadrados	g. d. l.	Varianza
Total... ..	351041	17	20649
Dentro de los grupos ... ..	328260	16	20516
Entre grupos... ..	22781	1	22781

$$F = \frac{22781}{20516} = 1,1$$

El valor de F que dan las tablas para 16 y 1 grados de libertad es  $F = 4,49$  para una probabilidad del 5 por 100, de donde resulta que la diferencia observada no es significativa y que las dos series de resultados se pueden tratar como un grupo único, dando entonces los valores siguientes:

*Manganeso en rocas*

Valor medio ... ..	207
Desviación standard ... ..	143

## 2. MANGANESO EN ARENAS

Bajo la denominación de arenas incluimos aquellos materiales en los que existe un predominio de las fracciones granulométricas «arena gruesa» y «arena fina», con un contenido de arcilla menor del 15 por 100 y con poca materia orgánica. La materia orgánica se ha tenido en cuenta, puesto que ya hemos comprobado su influencia en el contenido de manganeso (1). Para facilitar su estudio hemos formado dos grupos de arenas, según que contenga o no carbonato cálcico.

En los cuadros siguientes se han reunido los datos analíticos.

*Arenas con CO<sub>3</sub>Ca*

N.º	Localidad	CO <sub>3</sub> Ca	M. Or.	pH	Arcilla	Mn en p. p. m.	
						t	s
156	Sopelana...	58,4	0,2	8,0	2,1	414	363
37	Alcalá-Loeches...	9,3	0,1	8,0	11,8	387	131
36	Alcalá-Loeches...	1,1	0,1	8,2	4,8	317	24
8	Madrid...	0,2	0,9	7,2	9,7	280	81
2	Madrid...	9,4	0,0	7,3	—	257	47
42	Alcalá-Loeches...	1,3	0,1	7,9	3,3	220	38
72	Madrid...	10,7	0,4	8,2	9,4	195	46
46	Alcalá-Loeches...	0,1	0,2	7,7	6,5	190	18
71	Ciempozuelos-Titulcia...	33,3	0,1	7,7	13,7	170	40
73	Madrid...	0,8	0,2	7,5	8,1	166	33
53	Madrid...	0,4	0,3	8,1	8,1	165	8
31	Madrid...	2,0	0,3	7,8	9,4	154	55
32	Valle de Torija...	1,0	0,1	7,7	11,1	154	37
50	Guadalajara...	7,2	0,0	7,6	9,7	148	19
45	Alcalá-Loeches...	0,7	0,2	7,8	8,5	132	16
155	Laredo...	31,3	0,9	8,2	2,5	131	95
43	Alcalá-Loeches...	2,7	0,0	7,8	3,0	128	47
78	Madrid...	17,1	0,1	7,9	11,6	125	14
49	Guadalajara...	0,1	0,0	7,2	11,2	87	81
116	Sierra Urbasa...	0,1	0,6	4,9	10,7	70	12
27	Valle de Torija...	1,5	0,0	8,1	9,2	66	26
75	Madrid...	37,4	0,0	—	11,0	48	12

*Arenas sin carbonatos*

N.º	Localidad	pH	Mat Org.	Arcilla	Mn en p. p. m.	
					t	s
7	Manzanares ... ..	6,3	1,3	8,9	249	29
113	Urbasa... ..	5,8	0,3	9,3	222	27
19	Villaverde ... ..	7,4	0,3	10,4	170	27
9	Manzanares ... ..	6,2	0,0	9,5	155	0
18	Villaverde... ..	7,2	0,3	10,2	166	33
12	Madrid... ..	6,7	0,2	3,9	161	0
119	Urbasa... ..	6,6	0,0	5,3	137	27
68	Jarama... ..	6,6	0,0	9,0	131	12
51	Guadalajara ... ..	6,9	0,0	12,2	131	13
20	Villaverde-San Martín.. ..	7,5	0,0	6,1	125	22
11	Madrid... ..	6,7	0,0	3,0	124	0
66	Jarama... ..	7,4	0,0	3,1	102	22
3	Madrid... ..	7,5	0,0	2,5	90	10
74	Madrid... ..	7,7	0,3	14,1	83	30
143	Amboto.. ..	6,4	0,3	6,5	22	10

Hemos calculado los valores medios y las desviaciones standard para cada una de las dos series. Los resultados se han reunido en la tabla siguiente:

	Valor medio	Desviación standard	Valor medio	Desviación standard
	t	t	s	s
Arenas con CO <sub>3</sub> Ca.. ..	182	97	57	75
Arenas sin CO <sub>3</sub> Ca.. ..	139	55	16	13

Con objeto de ver si estas diferencias en valores medios son significativas desde el punto de vista estadístico, hemos hecho el análisis de la varianza; el resumen de los cálculos puede verse en la tabla siguiente:

*Análisis de la varianza para el manganeso total*

	Suma de cuadrados	g. d. l.	Varianza
Total... ..	257819	36	7162
Dentro de los grupos ... ..	240950	35	6884
Entre grupos... ..	16869	1	16869

$$F = \frac{16869}{6884} = 2,4$$

*Análisis de la varianza para el manganeso fácilmente soluble*

	Suma de cuadrados	g. d. l.	Varianza
Total... ..	135904	36	3775
Dentro de los grupos ... ..	121308	35	3466
Entre grupos... ..	14596	1	14596

$$F = \frac{14596}{3466} = 4,2$$

Los valores de F para estos grados de libertad son:

$$\begin{array}{ll} \text{Probabilidad del 5 \%} & F = 4,12 \\ \text{» » 1 \%} & F = 7,41 \end{array}$$

De donde resulta que las diferencias observadas no son significativas para el manganeso total y son significativas en el caso del manganeso fácilmente soluble.

Hemos calculado el valor medio para el manganeso total considerando todo el conjunto de las arenas y resulta:

*Manganeso total en arenas*

Valor medio ... ..	164
Desviación standard ... ..	84

**3. MANGANESO EN ARCILLAS Y MARGAS**

En este grupo incluimos aquellos materiales que teniendo poca materia orgánica, contienen una proporción mayor del 15 por 100 de «fracción arcilla».

En la tabla siguiente se dan los resultados analíticos:

N.º	Localidad	Arcilla	CO <sub>2</sub> Ca	M. Org.	pH	Mn en p. p. m.	
						t	s
89	Guisena...	25,5	68,7	0,2	7,8	527	55
14	Madrid...	38,5	0,0	0,8	7,2	519	22
5	Madrid...	44,7	1,4	0,5	7,2	390	17
121	Urduliz...	34,7	0,0	0,1	6,1	351	129
13	Madrid...	20,2	0,0	1,5	7,3	311	73
77	Madrid...	23,3	12,8	0,5	7,7	250	20
33	Madrid...	27,3	6,5	0,2	8,1	229	77
65	Jarama...	24,5	0,0	0,6	6,7	205	25
88	Guisema...	34,8	56,0	0,3	7,9	196	99
114	Urbasa...	49,3	0,0	0,4	4,6	196	33
22	Madrid...	26,8	34,4	0,0	7,8	170	31
115	Urbasa...	20,9	0,0	0,4	4,5	131	23
67	Jarama...	20,3	2,7	0,0	7,6	131	19
25	Toriya...	17,6	4,2	0,1	7,5	127	34
118	Urbasa...	45,7	0,7	0,2	7,3	116	44

Se han calculado los valores medios y las desviaciones standard y se han obtenido los resultados siguientes:

	t	s
Valor medio ...	257	47
Desviación standard..	135	34

Con el fin de comparar los valores medios obtenidos para el manganeso total en los tres grupos de materiales estudiados hasta ahora, en el cuadro siguiente se dan los valores junto con sus desviaciones standard:

	Valor medio	Desviación standard
Arcillas ...	257	135
Rocas...	207	143
Arenas ...	164	84

Vemos que el contenido mayor corresponde a las arcillas y el menor a las arenas. En el cuadro siguiente se da el resumen de los cálculos para el análisis de la varianza, hecho para comprobar si la diferencia observada entre arenas y arcillas tiene significación estadística.

	Suma de cuadrados	g. d. l.	Varianza
Total... ..	598034	51	11726
Dentro de los grupos ... ..	515883	50	10318
Entre grupos... ..	82141	1	82141

$$F = \frac{82141}{10318} = 7,96$$

Los valores de F de las tablas son para una probabilidad del 5 por 100,  $F=4,03$  y para una probabilidad del 1 por 100,  $F=7,17$ , de donde se deduce que la diferencia encontrada es muy significativa.

Como consecuencia, podemos decir que en el proceso de meteorización el manganeso tiende a acumularse en las fracciones finas.

En cuanto a las formas fácilmente solubles, no se observan regularidades destacables.

### CONCLUSIONES

El contenido en manganeso total de las rocas estudiadas oscila entre 13 y 1750, con un valor medio de 207 p. p. m. No se observan diferencias significativas entre rocas calizas y silíceas.

En las arenas, el manganeso total queda comprendido en el intervalo de 22 a 414 p. p. m., con un valor medio de 164 p. p. m. Entre manganeso total y carbonato cálcico en arenas no se observa ninguna relación.

Las arenas con carbonato cálcico dan un valor medio de 57 p. p. m. para el manganeso soluble en ácido acético, mientras que las arenas exentas de caliza dan un valor medio de 16 p. p. m., siendo esta diferencia estadísticamente significativa.

En los materiales arcillosos estudiados, el contenido de manganeso total oscila entre 116 y 517 p. p. m., con un valor medio de 257. Este



valor es superior al hallado para las arenas, siendo esta diferencia muy significativa.

El manganeso soluble en ácido acético, en arcillas, oscila entre 20 y 129 p. p. m., con un valor medio de 47.

INSTITUTO DE EDAFOLOGÍA Y FISILOGÍA VEGETAL  
*Sección de Química. Madrid*

#### R E S U M E N

Continuando los estudios realizados en un trabajo anterior y con el fin de obtener una información más amplia sobre el comportamiento del manganeso en relación con la composición de las muestras, hemos seleccionado aquéllas que por su naturaleza han resultado más representativas y hemos formado los grupos siguientes: rocas, arenas y arcillas. Hemos hecho un estudio comparativo entre estos grupos aplicando métodos estadísticos.

No se han observado diferencias significativas entre rocas calizas y síliceas, por lo que se han considerado como un solo grupo.

Los valores medios de manganeso total más elevados corresponden a los materiales arcillosos, los más bajos a las arenas, habiéndose encontrado para las rocas valores medios comprendidos entre los de los grupos anteriores.

Se han encontrado diferencias significativas en cuanto al contenido en manganeso fácilmente soluble, de arenas con carbonatos y arenas exentas de caliza.

#### COMPARATIVE STUDY OF MANGANESE CONTENTS IN ROCKS SANDS AND CLAYEY MATERIALS

#### S U M M A R Y

As a continuation of the studies carried out in a former work and in order to obtain a wider information about the behaviour of manganese in relation to the composition of the samples, we have selected those which according to their nature, have been the most representative, and have formed the following groups: rocks, sands and clays. We have carried out a comparative study among these groups by applying statistical methods.

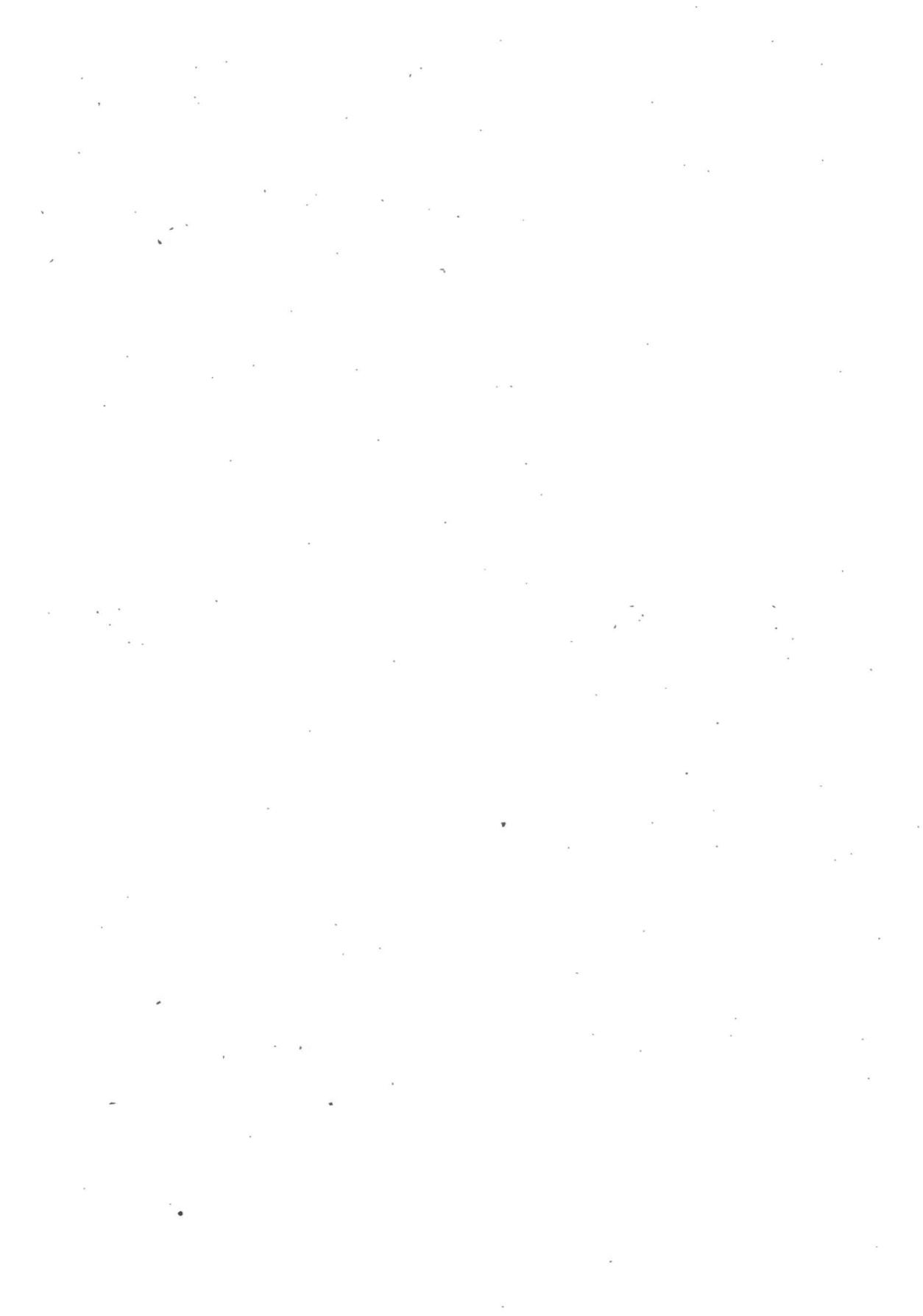
We have not observed any significant differences between calcareous and siliceous rocks, therefore we have considered them as one group.

The highest mean values of total manganese belong to clayey materials and the lowest to sands, the rocks showing intermediate values between the two former groups.

We have found significant differences in the contents of manganese easily soluble in the sands with carbonates and the sand devoid of chalk.

#### B I B L I O G R A F Í A

- (1) GALLEGO, R. y BUENO, C. 1959. Contenido y distribución de manganeso en suelos del Centro y Norte de España. *Anal. Edaf.*, XVIII, 347.
- (2) SNEDECOR, G. W. 1948. *Métodos de estadística*. Acme. Agency Buenos Aires.



# EL COBRE Y EL MAGNESIO EN SUELOS Y PLANTAS, DETERMINADO POR EL METODO BIOLÓGICO DEL *ASPERGILLUS NIGER*

por

Augusto GARCIA SANCHEZ y RAMÓN DIOS VIDAL

Entre los métodos bioquímicos de valoración de nutrientes minerales en los suelos y en las plantas ha sido el que utiliza como reactivo indicador al hongo *Aspergillus niger*, el que ha adquirido una mayor amplitud de desarrollo, habiendo sido publicadas un gran número de técnicas de valoración de los diferentes elementos, desde que en 1909 Butkevic (10) y Kosceleckii (16) lo emplearon por vez primera en la valoración del fósforo en los suelos rusos.

Ya con anterioridad Raulín (28) en 1869 había estudiado la importancia de los micronutrientes minerales en el metabolismo del *Aspergillus niger*, destacando la necesidad de la presencia del cinc y del hierro para poder obtener el óptimo desarrollo del hongo. Luego diversos investigadores, entre los que citaremos a Richter (29) en 1901, a Bertrand y Janvillier (7) en 1911, Buronsky (9) en 1911, Roberg (30) en 1928, Wiethammer (40) en 1929, Metz (19) en 1930, Niklas, Poschenrieder y Frey (27) en 1931, Steimberg (35) en 1935, Vasil (38) en 1935, Sakamura (31) en 1936, Gollmick (13) en 1936, Kauffmann (15) en 1937, etc., llegaron a establecer como nutrientes esenciales para el óptimo desarrollo del *Aspergillus niger*, además del hierro y cinc señalados por Raulín, el cobre, manganeso, magnesio y posiblemente el galio y vanadio (de los que no se obtuvo posterior confirmación), siendo este último estudiado por Bertrand (4) en 1941.

Fué Steimberg (36) quien, en 1936, señaló las cantidades que de estos nutrientes debían utilizarse en los caldos de cultivo, y finalmente, las distintas cepas del hongo fueron ampliamente estudiadas por Mulder (21) en 1939, seleccionando de todas ellas una denominada (M), que

es la generalmente utilizada por los investigadores para los ensayos con este método microbiológico.

El método del *Aspergillus niger* fué utilizado para la valoración del potasio y fósforo en suelos por Niklas y colaboradores (27) en 1930; para la determinación del potasio por Melich (18) en 1933. En 1940 Smith (34) lo utiliza en la valoración del magnesio y Acock (1) en 1941 para el cobre en tierras de Australia. Luego una serie de investigadores, a cuyo frente se encuentran Nicholas (23, 24), Mulder (21), Smith (34) y otros, han completado la utilización de esta técnica indistintamente para la valoración del magnesio, cobre, cinc y molibdeno en los suelos y en las plantas.

En España, M. I. Candela (11) en 1952, ha utilizado este método para la valoración del magnesio en 24 muestras de suelo.

#### FUNDAMENTO DEL MÉTODO

Conocidos los elementos necesarios para el normal desarrollo del hongo, que son los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre, y los micronutrientes hierro, cobre, cinc, manganeso, molibdeno y posiblemente galio y vanadio, el crecimiento del micelio del hongo es siempre deficiente en ausencia de cualquiera de ellos, mientras que, por el contrario, es cuantitativamente proporcional a las cantidades presentes de los mismos. Por esto, el método de valoración se funda en la preparación de series testigo, con cantidades variables y conocidas del elemento a investigar, frente a las que pueden ser comparados los cultivos de los suelos problema; comparación que puede realizarse visualmente por el crecimiento, desarrollo y color de las esporas del hongo, o bien por pesada de los micelios secos de los cultivos problema y el de los diferentes testigos.

#### CALDOS DE CULTIVO

Los caldos de cultivo del hongo, empleados en este método, son todos fundamentalmente semejantes. Mulder (22) utiliza dos fórmulas distintas: una que sirve para las valoraciones de cobre y magnesio, y otra para las de molibdeno.

La primera tiene la siguiente composición:

Glucosa ... ..	50 gr.	FeCl <sub>3</sub> , 6H <sub>2</sub> O ... ..	20 mg.
KNO <sub>3</sub> ... ..	5 »	ZnSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O ... ..	10 »
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ... ..	2,5 »	MnSO <sub>4</sub> , 4H <sub>2</sub> O ... ..	3 »
MgSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O ... ..	1 »	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> , 2H <sub>2</sub> O ... ..	1,5 »
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 10H <sub>2</sub> O ... ..	1 »	CuSO <sub>4</sub> , 5H <sub>2</sub> O ... ..	1 »
Agua destilada ... ..		1.000 cc.	

La utilizada en las valoraciones de molibdeno es la siguiente:

Glucosa ... ..	50 gr.	FeCl <sub>3</sub> , 6H <sub>2</sub> O ... ..	3 mg.
KNO <sub>3</sub> ... ..	5 »	ZnSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O ... ..	2 »
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ... ..	0,6 »	MnSO <sub>4</sub> , 4H <sub>2</sub> O ... ..	0,3 »
MgSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O ... ..	0,6 »	CuSO <sub>4</sub> , 5H <sub>2</sub> O ... ..	0,6 »
CaSO <sub>4</sub> , 2H <sub>2</sub> O ... ..	0,6 »	Agua destilada ... ..	1.000 cc.

En la Estación de Long Ashton, Bristol, D. J. D. Nicholas y A. H. Fielding (25) han propuesto en 1950, para la valoración de molibdeno, la siguiente fórmula de medio de cultivo:

Glucosa ... ..	50 gr.	FeCl <sub>3</sub> , 6H <sub>2</sub> O ... ..	3 mg.
KNO <sub>3</sub> ... ..	5 »	ZnSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O ... ..	2 »
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ... ..	0,6 »	MnSO <sub>4</sub> , 4H <sub>2</sub> O ... ..	0,3 »
MgSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O ... ..	0,6 »	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> , 2H <sub>2</sub> O ... ..	0,5 »
CaSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O ... ..	0,5 »	CuSO <sub>4</sub> , 5H <sub>2</sub> O ... ..	0,6 »
		Ga(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 8H <sub>2</sub> O ... ..	0,2 mg.
		Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 6H <sub>2</sub> O ... ..	0,1 »
		Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 2H <sub>2</sub> O ... ..	0,08 »
		Agua destilada ... ..	1.000 cc.

Posteriormente, en 1951, los mismos autores (26) han presentado esta misma fórmula modificada y generalizada para la valoración del magnesio, cinc, cobre y molibdeno. Su composición es la siguiente:

Glucosa ... ..	50 gr.	FeCl <sub>3</sub> , 6H <sub>2</sub> O ... ..	3 mg.
KNO <sub>3</sub> ... ..	5 »	ZnSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O ... ..	2 »
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ... ..	0,6 »	MnSO <sub>4</sub> , 4H <sub>2</sub> O ... ..	0,3 »
MgSO <sub>4</sub> ... ..	1 »	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> , 2H <sub>2</sub> O ... ..	0,5 »
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ... ..	0,6 »	CuSO <sub>4</sub> , 5H <sub>2</sub> O ... ..	0,6 »
		Ga(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 8H <sub>2</sub> O ... ..	0,2 mg.
		Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 6H <sub>2</sub> O ... ..	0,1 »
		Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 2H <sub>2</sub> O ... ..	0,08 »
		NaVO <sub>3</sub> , 4H <sub>2</sub> O ... ..	0,08 »
		Agua destilada ... ..	1.000 cc

Las ventajas señaladas por los autores para esta nueva fórmula son que el nitrato cálcico es más soluble que el sulfato. En la preparación de este medio de cultivo, las sales de cobalto, níquel, vanadio y galio, se añaden después del proceso de purificación.

### PURIFICACIÓN

Como la sensibilidad del hongo *Aspergillus niger* es muy grande, sobre todo con respecto a los micronutrientes, se hace necesaria una previa purificación de la solución de cultivo conteniendo los macronutrientes y la glucosa, ya que en éstos suelen existir cantidades de microelementos suficientes para ser detectados por el hongo, falseando los resultados analíticos.

Numerosos métodos de purificación han sido desarrollados por los diferentes autores; unos específicos para un determinado elemento y otros que comprenden a un grupo de dos o más de éstos.

Así Roberg (30) en 1928, Botels (8) en 1930 y Mulder (21) en 1939 emplean carbón activo en presencia de sulfuros. Steimberg (35) en 1935 propone el uso del carbonato cálcico como co-precipitante de los fosfatos de metales pesados, carbonatos e hidróxidos y carbonatos básicos; Sakamura (31) en 1936, emplea el fosfato tricálcico en solución ácida a un pH = 5,5 como agente adsorbente. Stont y Arnon (37) en 1939 utilizan una modificación del método de Steimberg para la separación del cinc, cobre y magnesio, Bertrand (5) en 1932 separa el manganeso por oxidación a  $MnO_2$ , eliminándolo luego por adsorción sobre fosfato amónico-magnésico.

También, más recientemente, han sido empleadas sustancias como la 8-hidroxiquinoleína que forma complejos con los iones metálicos. El exceso de reactivo se elimina por elución con cloroformo redestilado, y éste por éter también redestilado. Este método de purificación fué propuesto por Waring y Werkman (39), en 1943, así como en 1947 por Albert y Glendhill (2) y también por Albert y Mc. Grath (3).

Nicholas y Fielding (26) en 1951 proponen el uso de la ditizona para la separación del cobre y del cinc, eliminándose luego ésta con tetracloruro de carbono. Con anterioridad, éstos mismos autores (25) en 1950 han usado el ácido sulfihídrico para separar el molibdeno como co-precipitado con sulfuros de cobre y plomo, y eliminando el exceso de sulfihídrico por ebullición.

También se emplearon como reactivos formadores de complejos el ferro y el ferricianuro por Mezzadroli (20) en 1938, los peróxidos por Lorenz (17) en 1940, los ácidos hidroxio-orgánicos por Hutner (14) en

1946, el sulfuro cálcico por Boehm (7) en 1947, etc. También en 1930 Wolff y Emmerie (41) han realizado la separación electrolítica de las trazas de cobre en los medios de cultivo, y también han sido ensayadas resinas «cambiadoras de iones» para esta purificación, sin obtener al parecer, resultados satisfactorios.

PREPARACIÓN DE LA SUSPENSIÓN DE ESPORAS DEL «ASPERGILLUS NIGER»

La suspensión de esporas del *Aspergillus niger*, utilizada en la siembra de cada 40 ó 50 c. c. de la solución estéril, se prepara agitando en unos centímetros cúbicos de este medio de cultivo estéril y libre del micronutriente que se quiere valorar, una pequeña cantidad de los conidios del hongo, separados con un asa de platino de la superficie de un cultivo del mismo en un tubo de agar inclinado. Con cuatro o seis gotas de esta suspensión se inoculan los Erlenmeyer, conteniendo el medio de cultivo con el suelo o la muestra de la sustancia en la que se va a valorar el elemento. Luego se procede a la incubación en estufa de cultivo de 30° a 35° C. por espacio de cuatro a seis días.

Los tubos con el cultivo del *Aspergillus niger* en agar inclinado pueden prepararse con la siguiente fórmula:

Glucosa...	1 %	K <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> H...	0,05 %
Asparagina ..	0,1 »	Agar...	2 gr.
	Agua destilada ...		100 cc.

En lugar de esta fórmula, Mehlick (18) utiliza para este cultivo primario del *Aspergillus niger* la siguiente:

Extracto de malta ...	25,0 gr.
Agar ...	20,0 »
Agua destilada ...	1.000 cc.

M. I. Candela (11), por su parte, propone la siguiente fórmula:

Extracto de malta ...	20,0 gr.	Dextrosa ...	20,0 gr.
Peptona ...	1,0 »	Agar ...	20,0 »
	Agua destilada ...		1.000 cc.

Estos tubos de agar inclinado son sembrados con asa de platino cargada con conidios del hongo sobre la superficie del agar e incubados

en estufa a 30°-35° C., hasta que el crecimiento del cultivo tiene lugar, cosa que generalmente sucede a los cuatro o cinco días. Luego estos cultivos primarios se conservan en nevera.

#### PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL BIOENSAYO

Las muestras de suelo, para el bioensayo con el *Aspergillus niger*, se preparan secándolas previamente al aire, y pasando después el suelo a través de un tamiz de 20 mallas.

Las cantidades de suelo utilizadas en la valoración de los distintos elementos suele ser la siguiente:

Potasio ... ..	2,5	gr. de suelo	
Cobre ... ..	1,0	»	(Nicholas, recomienda 0,1; 0,25; ó 0,50 gr.)
Magnesio. ... ..	3,0	»	(Nicholas utiliza 1,0 gr.)
Molibdeno ... ..	0,5	»	
Cinc ... ..	0,25	»	

Estas cantidades de suelo son colocadas en Erlenmeyer Pirex, de 1 litro (según Mulder (22)) o de 125 c. c. (según Mehlich (18)) y se esterilizan a continuación en autoclave a 120° C. durante cinco minutos.

En el caso de utilizar el método del *Aspergillus niger* para la valoración de elementos en tejidos vegetales, éstos se preparan por desecación, subsiguiente pulverización en mortero de ágata y posterior incineración en horno eléctrico, sometiendo después las cenizas a las mismas operaciones que los suelos.

#### SENSIBILIDAD DEL MÉTODO

Una de las ventajas de este método bioquímico, sobre los procedimientos químicos de valoración de nutrientes, es su gran especificidad y sensibilidad, que en algunos casos llega a ser superior a la de éstos, debido ello a que se utiliza como extractor una planta, la cual debe tener un comportamiento fisiológico superior a los reactivos químicos.

Según Nicholas (26), la sensibilidad del método del *Aspergillus niger*, expresada en gammas y referida a los 50 c. c. de solución cultural, es para los distintos nutrientes la siguiente:

Magnesio ... ..	de 25	a 500	gammas
Cinc ... ..	» 0,1	» 10	»
Manganeso... ..	» 0,01	» 10	»
Cobre... ..	» 0,05	» 2	»
Hierro. ... ..	» 0,1	» 20	»
Molibdeno ... ..	» 0,00005	» 0,02	»



## MÉTODOS DE VALORACIÓN

Se ha observado que el cultivo del hongo en un caldo exento de magnesio, cinc, hierro y molibdeno, produce un pequeño micelio mucoso sin esporas, mientras que la ausencia de cobre o manganeso no impiden totalmente el crecimiento del micelio. Se atribuye esto a que los métodos de purificación no logran separar completamente a estos dos elementos, o también a que ellos no sean completamente esenciales para la vida del hongo.

La valoración de los cultivos problema frente a los testigo, ya hemos indicado que puede hacerse por comparación visual del desarrollo del *Aspergillus niger* en los primeros respecto a los segundos, o también por pesada de los micelios secos, una vez separados del medio de cultivo.

La apreciación visual del desarrollo progresivo del hongo se facilita en el caso de los cultivos para la valoración del cobre, por la pigmentación que presentan las esporas y que ya ha señalado Mulder (21) en 1939, como medio de afinar la valoración.

## PARTE EXPERIMENTAL

Nuestras experiencias de aplicación del método del *Aspergillus niger* se refieren en este primer trabajo a la valoración del cobre y del magnesio en suelos y de estos dos mismos elementos en tejidos vegetales. También han sido estudiados el potasio, molibdeno y cinc, aun cuando no se incluyen en este trabajo.

Hemos empleado en las valoraciones de cobre cepas de *Aspergillus niger* (M) de Groningen, facilitadas por la Sección de Microbiología del Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas; y en las de magnesio, otras cepas de *Aspergillus niger* (M) del Instituto Pasteur, facilitadas también por la misma Sección de dicho Instituto.

De estos cultivos primarios hemos realizado los correspondientes sub-cultivos, utilizando las fórmulas de agar inclinado antes señaladas. Los resultados han sido que el hongo se desarrolla deficientemente en los cultivos con Asparagina, mientras que se logra un desarrollo óptimo en los preparados con extracto de malta. Los sub-cultivos los hemos renovado cada sesenta días y conservado en nevera.

## VALORACIÓN DE COBRE EN SUELOS

En la valoración de este microelemento en suelos hemos seguido la técnica recomendada por Mulder (22), preparando previamente una serie de testigos con cantidades conocidas de cobre. La solución nutriente utilizada se compone de:

Glucosa ... ..	50 gr.	$\text{Cl}_3\text{Fe}, 6\text{H}_2\text{O}$ ... ..	50 mg.
$\text{KNO}_3$ ... ..	5 »	$\text{ZnSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ ... ..	20 »
$\text{K}_2\text{HPO}_4$ ... ..	2,5 »	$\text{MnSO}_4, 4\text{H}_2\text{O}$ ... ..	3 »
$\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ ... ..	1 »	$\text{Na}_2\text{MoO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ... ..	1,5 »
Agua destilada ... ..		1.000 cc.	

Esta fórmula propuesta por Mulder (22), en 1948, presenta ligeras modificaciones a la de tipo general antes expuesta, ya que en ella, además de la supresión natural de la sal de cobre, se suprime también el  $\text{NaSO}_4, 10 \text{H}_2\text{O}$ , y se aumentan las cantidades de  $\text{Cl}_3\text{Fe}, 6\text{H}_2\text{O}$  a 50 mg. y de  $\text{ZnSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$  a 20 mg.

Para separar las trazas de cobre, que como impureza pueden contener los macronutrientes y la glucosa, hemos seguido la técnica de purificación aconsejada por Mulder: antes de incorporar los micronutrientes a la solución, se añaden 0,3 c. c. de solución de sulfuro amónico y 5 gr. de carbón vegetal activo (para los 1.000 c. c. de solución cultural), agitando vigorosamente durante cinco minutos y filtrando a continuación. Luego añadimos las sales de hierro, cinc, manganeso y molibdeno, no haciéndolo antes a fin de evitar su adsorción por el carbón.

Nosotros hemos observado que en la preparación del medio de cultivo y en la solución de los macronutrientes se produce un precipitado blanco, coposo, al añadir la sal de magnesio sobre la solución de los demás elementos. Este precipitado es debido a una hidrólisis del fosfato magnésico formado, y como para la purificación del medio, es preciso eliminarlos, lo realizamos desplazando el equilibrio por adición de ácido clorhídrico (1:4) hasta redisolución de dicho precipitado.

Una vez purificados los macronutrientes y la glucosa, se produce una nueva precipitación al añadir la sal de hierro, precipitado que no tiene influencia en la buena marcha de la técnica de valoración.

Una vez purificado el medio de cultivo, se esteriliza en autoclave a  $105^\circ \text{C}$ . por quince minutos, ya que hemos comprobado que la esterilización a esta temperatura por sólo cinco minutos como señala Mulder, no deja muchas veces totalmente estéril al medio de cultivo. Tampoco

es aconsejable mantener fijo ese tiempo de cinco minutos y aumentar la temperatura de esterilización, porque entonces se produce una caramelización de la glucosa que hace inservible al medio.

Porciones de 40 c. c. del caldo de cultivo se colocan en Erlenmeyer de 500 c. c. y no de 1.000 c. c. recomendados por Mulder, por haber comprobado que el micelio del hongo se desarrolla más uniformemente en matraces de ese tamaño. Luego añadimos cantidades crecientes y conocidas de cobre en forma de solución de sulfato de cobre, a cada uno de los Erlenmeyer; cantidades que expresadas en gammas, por los 40 c. c. de solución de cultivo de cada matraz, son las siguientes: — 0, — 0,1, — 0,2, — 0,4, — 0,6, — 1,3, — 1,6, — 2,0, — 2,5.

La suspensión de esporas del *Aspergillus niger*, la preparamos agitando en 5 c. c. del medio cultural sin cobre, unas asas de platino cargadas de esporas de la superficie de un cultivo del hongo en agar inclinado. De esta suspensión de esporas añadimos 3 a 4 gotas a cada matraz y luego los llevamos todos a la estufa de cultivos a 31° C. por cinco días.

El aspecto que presenta el hongo al cabo de ese tiempo de incubación en estos cultivos testigo puede apreciarse en las adjuntas fotografías (págs. 493 y ss.).

Una vez obtenida la serie de testigos, los problemas (suelo en nuestro caso) los preparamos de la siguiente forma: Porciones de 1 gr de los suelos secos al aire y pasados por un tamiz de 20 mallas, los colocamos en diversos Erlenmeyer Pirex de 500 c. c. y numerados. Estos matraces se llevan al autoclave y se esterilizan, pues aun cuando esto no lo señala Mulder en su técnica, hemos comprobado su necesidad, a fin de evitar el desarrollo de otros hongos cuyas esporas suele contener el suelo, y que muchas veces llegan a inhibir el desarrollo del *Aspergillus niger*.

Ya estériles los matraces con los suelos, se les añade a cada uno 40 c. c. del medio de cultivo también estéril, y se siembran con unas gotas de la suspensión de esporas del hongo, incubándose luego por cinco días a 31° C.

En cada serie de problemas incluimos también un matraz testigo, con cantidad conocida de cobre que nos permite controlar el desarrollo del hongo con la primera serie patrón registrada fotográficamente. Visualmente hemos podido hacer una perfecta comparación del desarrollo del micelio del hongo en los suelos problema, con la de los cultivos testigo, y valorar así las cantidades de cobre que el hongo extrae del suelo a estudiar.

En el caso de la valoración del cobre ayuda también a esta comparación, como ya hemos señalado, la coloración que presenta el micelio

del hongo, dependiente del porcentaje de cobre que posea el cultivo y que pasa del blanco al blanco-amarillento, al amarillo-castaño, al negro-castaño y hasta el negro total.

Hemos valorado con este método el cobre de 68 suelos, unos ácidos de pH comprendidos entre 5 y 6,3 y otros alcalinos de pH superiores a 7. Además hemos elegido suelos de labor y naturales, así como distintos perfiles de algunas de ellas.

Agrupadas por regiones, los resultados son los siguientes:

N.º de la muestra	Localidad	Origen de la muestra	Cu en gammas
1	Salcedo (Pont.)	Misión Biológica ... ..	2,5
2	»	»	2,0
3	»	»	2,0
4	»	»	1,8
5	»	»	2,3
6	»	»	2,0
7	»	»	0,4
8	»	»	0,8
9	»	»	2,0
10	»	»	2,5
11	»	»	1,5
12	»	»	2,0
13	»	»	0,8
32	»	»	3,3
33	»	»	0,2
48	»	»	2,0
49	»	»	2,0
0	»	» Mezcla de suelos de labor ...	2,3
14	»	» Subsuelo; muestra media... ..	indicios
59	»	El Ralo.—Horizonte A <sub>0</sub> ... ..	2,3
60	»	» » A <sub>1</sub> ... ..	3,0
61	»	» » A <sub>3</sub> ... ..	1,3
62	»	» » B <sub>1</sub> ... ..	0,3
63	»	» » B <sub>2</sub> ... ..	0,2
64	»	» » C ... ..	0,0
31	»	Raño.—Horizonte A <sub>1</sub> ... ..	2,0
29	»	» » B ... ..	1,3
30	»	» » B <sub>1</sub> ... ..	0,6
34	Pontevedra	Sagasta (subsuelo eliminado de cultivo) ... ..	0,2
15	»	La Parda; suelo de labor... ..	1,6
25	»	Mourente; suelo de labor... ..	3,0
20	Morrazo (Pont.)	Cuadro (Marín); suelo de labor... ..	2,0
21	»	Seijo (Aldán); suelo de labor ... ..	2,0

N.º de la muestra	Localidad	Origen de la muestra	Cu en gammas
22	»	Cela (Bueu); suelo de labor ... ..	2,5
23	»	Loureiro (Bueu); suelo de labor.. ..	3,0
24	»	Cangas; suelo de labor.. ..	2,5
27	Sanxenjo	Suelo de labor.. ..	2,0
28	»	Nantes; suelo de labor.. ..	2,0
26	Cambados	Suelo de labor. ....	2,0
98	Porriño	Perfil A <sub>1</sub> (de 12 a 32 cm.).. ..	1,5
113	»	Superficial... ..	2,3
16	Paraño	Suelo de labor; muestra media hasta 30 cm. (nuevo cultivo). ....	0,6
17	»	Suelo de labor: 1.º Perfil hasta 30 cm. ....	2,0
18	»	Suelo de labor: 2.º Perfil hasta 50 cm. ....	1,5
19	»	Suelo de labor: 3.º Perfil hasta 1 m. ....	1,9
50	Lalín	Prado; suelo de labor ... ..	2,0
51	Lugo	Suatorre (Chantada); suelo de labor ... ..	1,5
52	»	Suatorre (Chouza); suelo de labor ... ..	2,2
53	»	Suatorre (Sousa); suelo de labor. ....	1,7
55	»	Pousada.—Chantada; suelo de labor ... ..	2,0
54	» (Monforte)	Escairón; suelo de labor ... ..	2,0
56	»	Suelo superficial de monte... ..	0,2
57	»	Suelo de base del monte ... ..	1,3
58	»	Suelo superficial de monte. ....	0,2
35	Valladolid	Suelo natural; horizonte A <sub>0</sub> ... ..	0,4
36	»	Suelo natural; horizonte A <sub>1</sub> ... ..	0,3
37	»	Suelo natural; horizonte A <sub>2</sub> ... ..	0,2
42	»	Suelo natural cerca del río.. ..	0,2
44	»	Suelo natural; muestra media del pinar ... ..	0,2
45	»	Suelo natural en Vega Sicilia; horizonte A <sub>1</sub> ...	0,6
46	»	Suelo natural en Vega Sicilia; horizonte A <sub>2</sub> ...	0,4
47	»	Suelo natural en Vega Sicilia; horizonte A <sub>3</sub> ...	2,0
43	»	Subsuelo natural ... ..	0,4
38	»	Suelo de labor (hasta 30 cm.) ... ..	1,3
39	»	Suelo de labor ... ..	2,0
40	»	Suelo de labor ... ..	2,0
41	»	Suelo de labor ... ..	1,2

Según Mulder (22), se consideran con este método suelos deficientes en cobre, aquellos que presentan cifras inferiores a 0,6 gammas por gramo de suelo seco; son ligeramente deficientes los que presentan valores comprendidos entre 0,6 y 1,5 gammas y no deficientes los de valores superiores a 2 gammas.

## VALORACIÓN DEL MAGNESIO

También hemos seguido en la valoración del magnesio la técnica de Mulder (22), habiendo empleado la solución nutriente general, propuesta por este autor que ya hemos consignado (pág. 1) y en la que hemos suprimido la sal de magnesio.

La purificación de esta solución la realizamos por igual método que en el cobre, añadiendo después de la purificación los micronutrientes, menos la sal de cobre, que la adicionamos con posterioridad a la esterilización del medio, a fin de evitar la adsorción de este metal sobre la superficie del vidrio del matraz.

La esterilización la realizamos a igual temperatura y por igual tiempo que para el cobre.

Con este medio de cultivo hemos preparado una serie testigo, colocando en un Erlenmeyer de 500 c. c. de capacidad, 40 c. c. de la solución nutriente y añadiendo a cada matraz cantidades crecientes de una solución valorada de  $\text{SO}_4\text{Mg}$ ,  $4\text{H}_2\text{O}$ , según la siguiente pauta:

Mg. en gammas por cada 40 c.c. de solución cultivo
0.—25.—50.—75.—100.—150.—200.—300.—500

Luego sembramos cada matraz con una gota de la suspensión de esporas del *Aspergillus niger*, preparadas como para la valoración del cobre y se incubaron los matraces a 31° C. por cinco días. El registro fotográfico de esta serie de testigos es el que acompañamos a este trabajo (págs. 493 y ss.). La preparación de los suelos para el análisis la realizamos colocando en un matraz 3 gr. de cada muestra seca al aire y, pasada por un tamiz de 20 mallas. Luego se procede a la esterilización de los matraces, y finalmente se les añaden los 40 c. c. del medio de cultivo también estéril y se siembran con 2 a 3 gotas de la suspensión de esporas del hongo, procediéndose luego a su cultivo en estufa a 31° C. durante cinco días.

Al igual que en la valoración del cobre, con cada serie de problemas, preparamos un matraz-control con cantidad conocida de magnesio. Luego por comparación visual del desarrollo de los cultivos problema, respecto de la serie de testigos registrada fotográficamente, hacemos la valoración del magnesio que poseen los suelos a analizar.

Utilizando esta técnica hemos valorado el magnesio de los 63 suelos, en los que ya habíamos valorado el cobre. Los resultados obtenidos son los siguientes, dados en el mismo orden que en el cobre:

Núm. de la muestra	Mg. en gammas	Núm. de la muestra	Mg. en gammas
1	400	22	500
2	300	23	600
3	500	24	200
4	300	27	200
5	150	28	200
6	450	26	150
7	300	113	800
8	450	16	25
9	300	17	25
10	225	18	0
11	250	19	0
12	300	50	200
13	250	51	50
32	150	52	150
33	300	53	150
48	150	55	400
49	180	54	400
0	500	56	1.000
14	150	57	1.000
59	600	58	1.000
60	150	35	400
61	100	36	300
62	50	37	300
63	150	42	800
64	800	44	100
31	50	45	100
29	50	46	150
30	50	47	100
34	400	43	1.000
15	350	38	600
25	200	39	600
20	100	40	800
21	600	41	800

Según Mulder (22), se consideran terrenos no deficientes en magnesio aquellos que posean más de 100 gammas de magnesio en los 3 gramos de suelo empleado en la valoración por el *Aspergillus niger*.

## VALORACIÓN DE COBRE Y DE MAGNESIO EN TEJIDOS VEGETALES

La preparación de los tejidos vegetales para valorar en ellos el cobre y el magnesio, la realizamos siguiendo la pauta propuesta por Mulder (22).

En la valoración del cobre, partimos de 0,3 gr. de la sustancia seca, triturada en mortero de ágata, y que calcinamos en horno eléctrico de 500 a 1.000 grados C.; luego añadimos las cenizas a los matraces que contienen la solución nutriente libre de cobre, procediéndose en lo demás de igual forma que con los suelos.

En la valoración del magnesio partimos de 0,005 gr. de la sustancia seca y triturada en mortero de ágata, que también calcinamos a igual temperatura que para el cobre. Después tratamos las cenizas con ácido clorhídrico, que posteriormente lo neutralizamos con carbonato sódico, añadiéndolas a continuación de igual forma que con los suelos.

Nuestras valoraciones de cobre y magnesio en tejidos vegetales fueron realizadas sobre 15 muestras de plantas espontáneas y dos muestras de *Lolium multiflorum* sometido a tratamiento de fertilizantes fundamentales nitro-fosfo-potásicos. Estas plantas fueron escogidas en cuatro localidades diferentes: Monte de la Fracha, Monte del Bordel (Geve), Monte del Peón (Geve) y Berducido (Geve); todas de la provincia de Pontevedra. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Localidad	Muestra	Cu en gam- mas (en 0,3 gr. de sust. seca)	Cu en p. p. m.	Mg. en gam- mas (en 0,005 gr. de sust. seca)	Mg. en ‰
Monte de la Fracha.	Corinephorus Canesceris.	1,3	4,3	75	1,5
	Pteris Aquilina ... ..	1,3	4,3	150	3,0
	Cricacina ... ..	0,6	2,0	58	1,16
	Ulex Nanus ... ..	1,3	4,3	150	3,0
	Lolium multiflorum... ..	0,4	1,3	75	1,5
Monte del Bordel ...	Corinephorus Canesceris.	2,0	6,6	58	1,16
	Pteris Aquilina ... ..	1,1	3,6	60	1,2
	Cricacina... ..	1,1	3,6	100	2,0
	Ulex Nanus ... ..	1,8	6,0	125	2,5
	Lolium multiflorum... ..	1,8	6,0	85	1,7
Monte del Peón ...	Corinephorus Canesceris.	0,4	1,3	85	1,7
	Pteris Aquilina ... ..	1,6	5,3	100	2,0
	Ulex Nanus ... ..	0,2	0,6	10	0,2
Berducido ... ..	Corinephorus Canesceris.	0,6	2,0	0	0,0
	Pteris Aquilina ... ..	0,6	2,0	15	0,3
	Cricacina... ..	1,6	5,3	75	1,5
	Ulex Nanus ... ..	0,2	0,6	75	1,5



## DISCUSIÓN

La valoración de cobre en los suelos problema nos permite considerar a los de Salcedo, de pH 5 a 6,5, como no deficientes en este microelemento, ya que solamente en dos (los núms. 7 y 33) aparece un valor inferior al crítico señalado por Mulder, y cuatro (los núms. 8, 11, 13 y 32) presentan cifras que obligan a clasificarlos como ligeramente deficientes.

Los suelos de Pontevedra, península de Morrazo y Salnés, se presentan asimismo como no deficientes, con valores superiores a 2 gammas, excepción hecha del núm. 15, clasificado como ligeramente deficiente.

Los suelos pertenecientes a muestras de altitud superior (Lalín, Lugo, Paraño), resultan proporcionalmente más deficientes en cobre que los anteriormente señalados. El núm. 16 del Paraño, que se encuentra en el punto crítico, su deficiencia puede ser atribuída a que se trata de un suelo de nuevo cultivo. También se clasifican como ligeramente deficientes los núms. 51 y 53.

En los suelos de labor analizados, procedentes de Valladolid y de pH alcalino (alrededor de pH = 8), aparecen como ligeramente deficientes los núms. 38 y 41; es decir, el 50 por 100 de los analizados.

En lo que respecta a perfiles, podemos en todas las muestras observar un decrecimiento de la cantidad de cobre, proporcional a la profundidad. Señalaremos las siguientes excepciones: El perfil A<sub>0</sub> del suelo número 59, con un valor de cobre inferior al del siguiente nivel A<sub>1</sub>, es posiblemente debido a la existencia en él de materia orgánica sin descomponer. El suelo natural de Valladolid correspondiente al núm 47 presenta un valor superior al del núm. 46, por encontrarse en este nivel acumulada una mayor cantidad de materia húmica.

Las valoraciones de cobre en el subsuelo demuestran siempre la deficiencia de este microelemento.

En las valoraciones de magnesio, y siguiendo la clasificación de Mulder, solamente encontramos deficiencia de este nutriente en los suelos de labor de altitud superior, como los núms. 16 y 65 del Paraño, y el 51 de Lugo, siendo los demás no deficientes. Sin embargo, parece ser que por lo que respecta a las tierras de Galicia, estos valores señalados por Mulder son inferiores a la realidad, ya que se han observado síntomas visuales de deficiencia de magnesio en suelos con valores superiores a 100 gammas de magnesio y se han encontrado por métodos químicos deficientes minerales de este elemento en varias zonas de la

región, explicable esto por ser terrenos arenosos propicios a este tipo de deficiencia y además ser zonas de cultivo intensivo, lo que produce una absorción por las plantas de este factor de crecimiento. Por ello pueden considerarse como suelos ligeramente deficientes los que presentan cifras inferiores a 200 gammas de magnesio y que corresponden en los suelos de labor a los núms. 5, 32, 48, 49, 20, 26, 52, 53.

Los perfiles, de manera análoga al cobre, presentan una disminución de la cantidad de magnesio proporcional a la profundidad, pudiendo aparecer en los distintos perfiles un incremento de esta cifra de magnesio, por ser ya roca en cuya composición entran los silicatos magnésicos, cosa que sucede por ejemplo en el horizonte C (muestra núm. 64).

Las valoraciones del cobre y magnesio en plantas espontáneas y cultivadas nos muestran para las distintas especies los siguientes valores medios y extremos:

	Cu en p. p. m.			Mg. en tanto por ciento		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
<i>Corinephorus canesceris</i> ...	6,6	1,3	3,55	1,7	0,0	1,00
<i>Pteris aquilina</i> ... .. .	5,3	3,6	3,8	3,0	0,3	1,62
<i>Cricacina</i> ... .. .	5,3	2,0	3,63	2,0	1,16	1,55
<i>Ulex Nanus</i> ... .. .	6,0	0,6	2,87	3,0	0,2	1,8
<i>Lolium multiflorum</i> ... ..	6,0	1,3	3,65	1,7	1,5	1,6

La valoración de cobre en estas mismas plantas fué ya realizada utilizando métodos químicos por uno de nosotros (R. D.) en colaboración con J. Portela (12). Se señala una falta de coincidencia en los valores determinados por métodos químicos con los obtenidos por este método del *Aspergillus niger*. Queremos destacar, sin embargo, que en el trabajo antes citado se señala que las plantas más ricas en cobre son las procedentes del Monte del Bordel, cuyos suelos también presentan una mayor riqueza de este microelemento. También nosotros hallamos proporcionalmente una cantidad mayor de cobre en las plantas procedentes de este lugar.

#### CONCLUSIONES

1.º Se realiza una «puesta al día» del método bioquímico del *Aspergillus niger*, con recopilación de las diversas fórmulas de medios de cultivo y técnicas de purificación y valoración.

2.º Se presentan los resultados de la valoración de cobre y magnesio por este método en 68 suelos naturales y de labor; unos ácidos de pH comprendidos entre 5 y 6,3, y otros alcalinos con pH = 8, así como en distintos perfiles.

3.º Se dan asimismo los resultados de la valoración de cobre y magnesio en 15 muestras de plantas espontáneas y 2 de cultivadas, recogidas en distintos lugares, y señalándose los resultados en p. p. m. para el cobre y en tanto por ciento para el magnesio.

4.º Se estudia una clasificación de los suelos en deficientes, ligeramente deficientes y no deficientes respecto a los elementos valorados.

5.º Existe en los suelos de labor analizados un 4,4 por 100 de deficientes en cobre y un 14,7 por 100 de ligeramente deficiente, y respecto al magnesio un 4,4 por 100 de deficientes y un 11,7 por 100 de ligeramente deficientes.

6.º En los distintos perfiles decrecen tanto las cantidades de cobre como las de magnesio con la profundidad

7.º Se señalan los valores máximo, mínimo y medio del cobre y del magnesio en las cinco especies de plantas analizadas, y se comparan los resultados obtenidos en la valoración del cobre con los hallados por métodos químicos.

Manifestamos nuestro agradecimiento al Instituto de Edafología y Fisiología vegetal por la beca otorgada a uno de nosotros (A. G.).

*Misión Biológica de Galicia.—Pontevedra*  
*Sección de Química Agrícola y Fertilidad de Suelo*  
INSTITUTO DE EDAFOLOGÍA Y FISILOGÍA VEGETAL

#### R E S U M E N

En este trabajo se ha puesto al día el método bioquímico del *Aspergillus Niger*, recopilando al efecto las fórmulas de los medios de cultivo empleados, al igual que las técnicas de purificación y valoración.

El método se aplica para la determinación de Cu y Mg en numerosos suelos naturales y de labor, ácidos y alcalinos, a diferentes alturas del perfil. También se emplea esta valoración para determinar los mismos elementos en plantas espontáneas y cultivadas.

Como consecuencia de las citadas determinaciones, se efectúa una clasificación de los suelos examinados según la cuantía de Cu y Mg hallados, para significar su grado de deficiencia respecto de dichos elementos. Igualmente se clasifican las especies vegetales en atención a la cuantía de los elementos de referencia, señalando cifras máximas, mínimas y medias.

COPPER AND MAGNESIUM IN SOILS AND PLANTS, DETERMINED  
BY THE BIOLOGICAL METHOD OF «ASPERGILLUS NIGER»

SUMMARY

In this paper the biochemical method of «Aspergillus Niger» has been put up to date by recopiling the formulae of the culture mediums used, as well as the purification and valuation techniques.

This method is applied to the determination of Cu and Mg in a number of acid and alkaline natural and culture soils, at different profile heights. We also use this valuation to determine the same elements in cultivated and spontaneous plants.

As a consequence of the determination mentioned we make up a classification of the soils examined according to the amount of Cu and Mg found so as to show their degree of deficiency in those elements. We also classify the vegetal species according to the amount of the reference elements and are able to show maximum, minimum and mean figures.

BIBLIOGRAFÍA

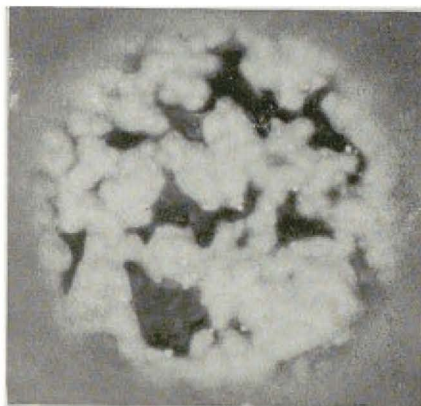
- (1) ACOCK, A. M. 1941. An examination of Mulder's rapid biological method for estimating the amount of copper in soils. J. Aust Coun. Sci. and Ind Res. 14, 288-300.
- (2) ALBERT, A. y GLENDHILL, W. S. 1947. The choice of chelating agent for inactivating trace metals. I. A survey of commercially available chelating agents. Biochem J., 41, 529-533.
- (3) ALBERT, A. y MC. GRATH, D. 1947. 2. Derivatives of oxina. Ibid. 41, 4, 524-545.
- (4) BERTRAND, D. 1941. Importance of the trace element vanadium for Aspergillus niger. C. R. Ac. Sci. Paris, 213, 254-257.
- (5) BERTRAND, D. 1942. Sur l'extraordinaire sensibilité de l'Aspergillus niger vis a vis du manganese. Bull. Soc. Chim. France, IV, 11, 400.
- (6) BERTRAND, D. y JANVILLIER, M. 1911. Influence du Mn sur le developpement de l'Aspergillus niger. C. R. Acad. Sci. Paris, 152-225.
- (7) BOEHM, R. M. 1947. Clarified sugar solutions for fermentation. U. S. patent, 2, 421, 985.
- (8) BOTELS, H. 1930. Molybden als Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung. Arch. Mikrobiol, 1, 333-342.
- (9) BUROMSKY, J. 1911. Influence of the salts of Zn. Mg. Ca. K. and Na on the development of Aspergillus niger. Ann. Inst. Agron. Morkan, 17, 109-140.
- (10) BUTKEVIC, W. 1909. The culture of the fungus Aspergillus niger as a method of soil investigation. Russ. J. Exp. Agric. 10, 136-141.
- (11) CANDELA, M. I. 1952. El método del Aspergillus niger para la determinación de elementos en suelos. Microbiol. Española, V, 1,2, 63-83.
- (12) DIOS, R. y PORTELA, J. 1956. Distribución de los elementos minerales del suelo y su absorción por las plantas. Anal. Edaf., XV, 5.
- (13) GOELMICKF. 1936. Der Einfluss von Zick-Eison and Kupfer und deren Kombination auf das Wachstum von Aspergillus niger. Zbl. Bakt., II, 93, 421.
- (14) HULTNER, S. H. 1946. Unidentified trace element requirements of photosynthetic purple bacteria. J. Bact., 51, 575, y 52, 213.

- (15) KAUFFMANN-COSLA O. y BRULL, R. 1937. The biological importance of the ions of Zn. Fe. and K. in growth and metabolism. Arch. Intern. Pharmacodynamie, 57, 188-194.
- (16) KOSCELECKI, A. 1909. Soil fertility in relation to phosphoric acid. Russ. J. Exper. Agric., 10, 321.
- (17) LORENZ, W. 1940. Improvements relating to production of organic acids by fermentation. Brit. patent., 517, 793.
- (18) MEHLICH, A., FRED, E. B. y TRUOG, E. 1933. The *Aspergillus niger* method of measuring available potassium in soil. Soil Sci., 35, 259.
- (19) METZ, O. 1930. Über Wachstum und Farbstoffbildung einiger Pilze unter dem Einfluss von Eisen, Zink und Kupfer. Arch. Mikrobiol., 1, 197-251.
- (20) MEZZADROLI, G. 1938. The procedure for the production of citric acid by fermentation of carbohydrates. French patent 833.
- (21) MULDER, E. G. 1939. Über die Bedeutung des Kupfers für das Wachstum von Mikroorganismen und über eine microbiologische Methode zur Bestimmung des Pflanzenverfügbaren Bodenkupfers. Arch. Mikrobiol., 10, 72-86.
- (22) MULDER, E. G. 1948. The microbiological estimation of copper, magnesium and molybdenum in soil and plant material. Anal. Chim. Acta., 2, 793-800.
- (23) NICHOLAS, D. J. D. y FIELDING, A. H. 1947. The use of *Aspergillus niger* (M) in the bioassay of Mg. Cu. Zn. and Mo. in soils. Rep. Agricult. Hort. Res. Sta. Long Ashton., 126-137.
- (24) NICHOLAS, D. J. D. y FIELDING, A. H. 1949. The use of *Aspergillus niger* for the determination of Mg. Cu. Zn. and Mo. available in soils to crop plants. Abstracts of Proceedings 1st International Congress of Biochemistry Cambridge. Abstrac núm. 121-2, 302.
- (25) NICHOLAS, D. J. D. y FIELDING, A. H. 1950. Use of *Aspergillus niger* as a test organism for determining molybdenum available in soils to crop plants. Nature, 166-342.
- (26) NICHOLAS, D. J. D. y FIELDING, A. H. 1951. The use of *Aspergillus niger* (M) for the determination of Mg. Zn. Cu. and Mo. available in soils to crop plants. The Journ. of Horticult. Sci., 26, 125-147.
- (27) NIKLAS, H., POSCHENRIEDER, H. y TRISCHLER, J. 1930. Die Kultur des schimmelpilzes *Aspergillus niger* zur biochemischen Bestimmung der Kali und Phosphorsäurebedürftigkeit der Boden. Ernähr. Pfl, 26, 97-103.
- (28) RAULIN, J. 1869. Etudes chimiques sur la vegetation. Ann. Sci. Nat. V. Bot., 11, 92-299.
- (29) RICHTER, A. 1901. Chemical stimulants. The role of Zn. and Cu. in the nutrition of *Aspergillus niger*. Centrbl. Bakt. Abt., 27, 417-429.
- (30) ROBERG, M. 1928. Über die Wirkung von Eisen, Zink und Kupfersalzen auf *Aspergillen*. Zbl. Bakt., II, 74, 333-371.
- (31) SAKAMURA, T. 1936. Ueber Einige für die kultur von *Aspergillus* notwendigen Schwermetalle und das Befreiungsverfahren der Nährlösung von ihren Spuren. Journ. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., V, 4, 99-117.
- (32) SMIT, J. y MULDER, E. G. 1940. Biological estimation of copper and magnesium in soils and plants. Rec. Trab. Chim. Pays-Bas., 59, 623.
- (33) SMIT, J. y MULDER, E. G. 1942. Magnesium deficiency as the cause of injury in cereals. 21-39.
- (34) SMITH, A. M. y DRYBURGH, A. 1934. The examination of soils by means of *Aspergillus niger*. J. Soc. Chem. Ind., 53, 250-524.
- (35) STEIMBERG, R. A. 1935. Nutrient solution purification for removal of heavy metals in deficiency investigations with *Aspergillus niger*. J. Agr. Res., 51, 413-424.

- (36) STEIMBERG, R. A. 1936. Relation of accesossory growth substances to heavy metals including Mo. in the nutrition of *Aspergillus niger*. J. Agr. Res., **52**, 439-448.
- (37) STONT, P. R. y ARNON, D. I. 1939. Experimental methods for the study of the rols of copper, manganese and zinc in the nutrition of higher plants. Amer. J. Bot., **26**, 144-149.
- (38) VASIL'EV, G. M. 1935. Action of Zn. on the Metabolism of *Aspergillus niger*. Arch. Mikrobiol., **6**, 250-275.
- (39) WARING, W. S. y WERKMAN, C. H. 1943. Growth of bacteria in an i'o-free medium. Arch. Biochem., **1**, 303-319.
- (40) WIETHAMMER, A. 1929. Various possibilities of influencing the growth of *Aspergillus niger* by graduated amounts of Zn. and Mn. salts. Beitz. Biol. Pflanzen., **17**, 51-71.
- (41) WOLFF, L. K. y EMMERIE, A. 1930. Über das Wachstum des *Aspergillus niger* and den Kupfergehalt des Nährbodens. Bioch. Z., **228**, 441-450.



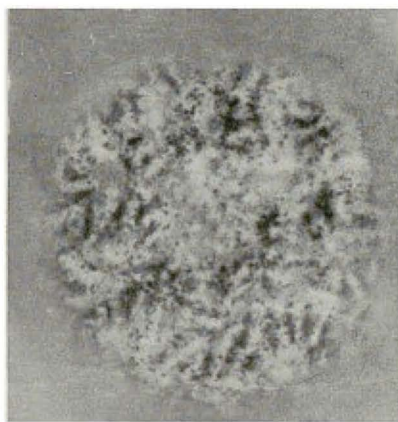
Control.



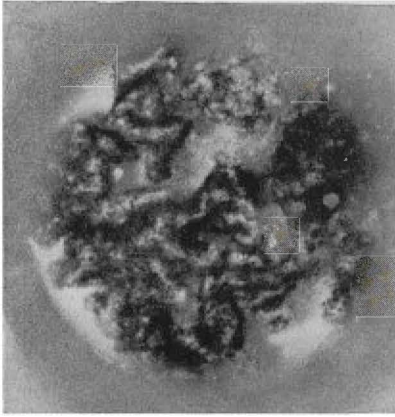
0,1 gamma de Cu.



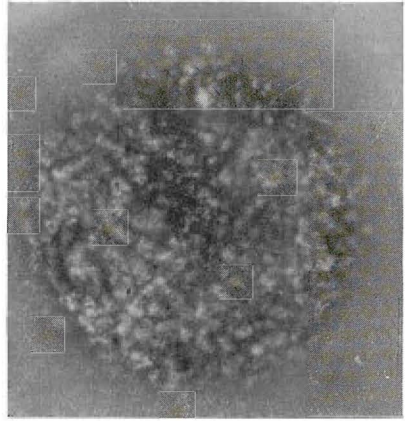
0,2 gammas de Cu.



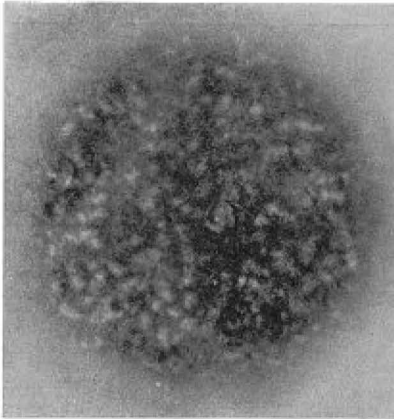
0,4 gammas de Cu.



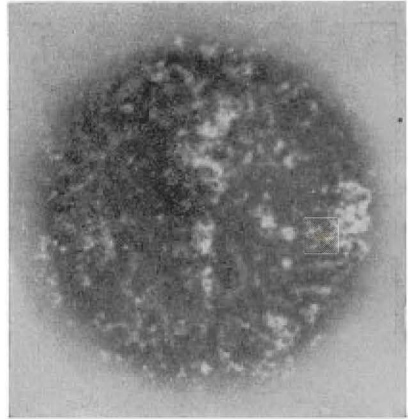
0,6 gammas de Cu.



1,3 gammas de Cu.

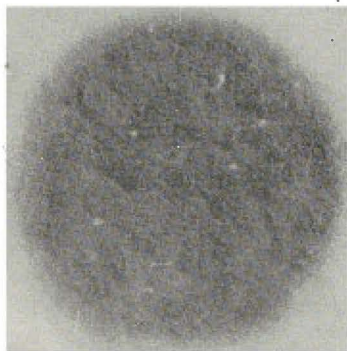


1,6 gammas de Cu.

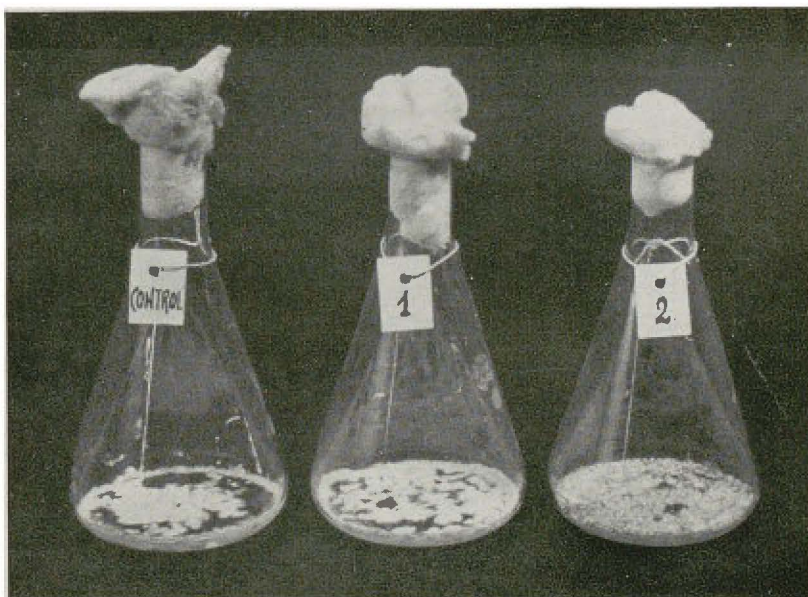


2,0 gammas de Cu.

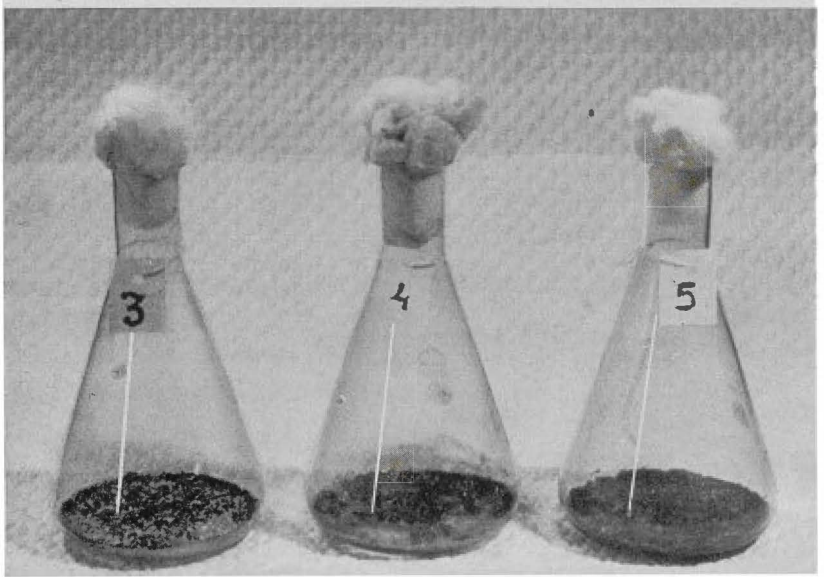




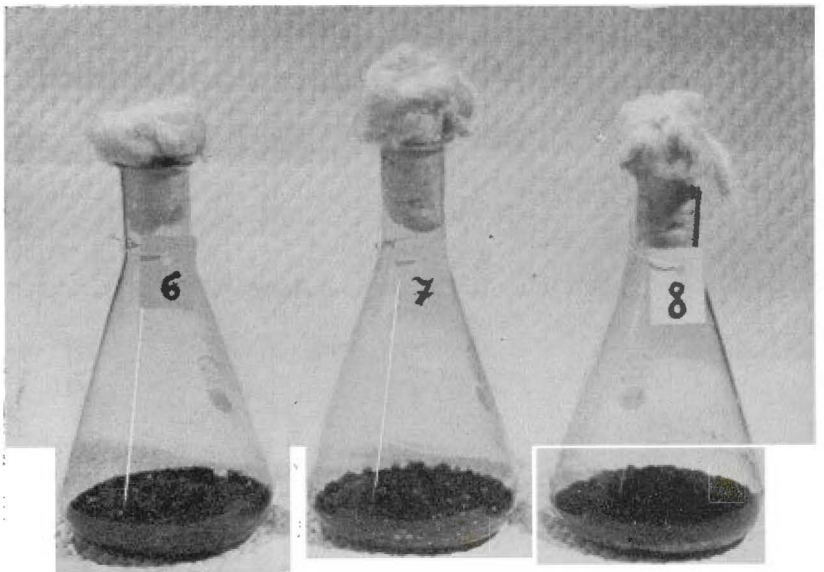
2,5 gammas de Cu.



Mg. en gammas: Control, 0.—Núm. 1, 25.—Núm. 2, 50.



Mg. en gammas: Núm. 3, 75. —Núm. 4, 100. —Núm. 5, 150.



Mg. en gammas: Núm. 6, 200. —Núm. 7, 300. —Núm. 8, 500.

## NOTAS

### I CONGRESO MUNDIAL DE LA INVESTIGACION AGRONOMICA

En los días 7 al 9 de mayo del presente año ha tenido lugar en Roma el I Congreso Mundial de Investigación Agronómica. Nosotros no pudimos asistir, pero por la amabilidad del Profesor Carlo Ferrari, de Bolonia, y del Ingeniero Agrónomo D. Eladio Morales, hemos conseguido información pertinente, que nos permite presentar aquí una breve reseña de dicho Congreso, que ha sido organizado por la Confederación Internacional de Técnicos Agrícolas (C. I. T. A.), en colaboración con los Ministerios de Agricultura, Montes y Educación Nacional italianos. Han participado Delegaciones oficiales de los Ministerios de Agricultura de Alemania, Inglaterra, Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Polonia, Portugal, Rumania, Suecia, Grecia, Francia, Holanda, Hungría, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Noruega, Suiza, Checoslovaquia, Turquía, U. R. S. S., Yugoslavia y diversos países de otros continentes. En total, unos 600 Congresistas de 46 países. Asistieron también delegados de todos los Organismos Internacionales agrícolas interesados.

De España asistieron, entre otros, los Ingenieros Agrónomos Miguel Ortega Nieto, ponente general del tema Olivicultura; R. Grande Covian y J. Herrero Catalina, ponentes a varios temas, y G. Escardó Peinador, Agregado Agrónomo en Italia.

Se distribuyeron en su idioma oficial con traducciones a los otros cinco idiomas, resumidas, las 125 ponencias generales y nacionales a los 16 temas del Congreso. Los Ingenieros Agrónomos españoles enviaron 25 ponencias, o sea, la mayor contribución de los varios países. La solemne sesión inaugural tuvo lugar en los salones de la F. A. O.

Como Director Técnico y de la Secretaría General del Congreso, actuó el Ingeniero Agrónomo Morales y Fraile, Vicepresidente de la C. I. T. A.

Las sesiones fueron muy animadas, gracias a las numerosas intervenciones de los especialistas, discutiéndose las ponencias generales de los 16 temas, los cuales abarcaban los varios argumentos de la investigación agronómica.

Los temas tratados fueron los siguientes:

- Tema 1. Organización de la investigación agronómica en los diversos países.
- Temas 2, 3, 4 y 8. Cultivos cerealícolas. Plantas aporcadadas de los grandes cultivos.
- Cultivos especiales. Cultivos forrajeros.
- Tema 6. Viticultura.
- Tema 7. Olivicultura.
- Temas 9 y 10. Zootecnia y producción lechera.
- Tema 11. Ciencia del Suelo.
- Tema 12. Maquinismo agrícola.

- Tema 13. Fertilización.  
 Tema 14 a. Anticriptogámicos.  
 Tema 14 b. Antiparasitarios.

Destacamos:

El Tema 7, Olivicultura, cuya ponencia fué presentada por el Ingeniero español Ortega Nieto, que, entre otras cosas, señaló la urgencia de introducir las aplicaciones más rentables y más urgentes para mejorar la producción, tanto desde el punto de vista de la calidad como de la cantidad, y propuso la creación en Roma de un Centro Internacional de coordinación técnica y científica, para utilizar de modo rápido y provechoso los descubrimientos que se hacen en los diferentes campos a favor de la Olivicultura.

El tema 11, Ciencia del Suelo.

El Congreso, después de tener en consideración la ponencia general sobre la situación de las investigaciones en el campo de la Ciencia del Suelo, pide a la Presidencia del Congreso hacer llegar a conocimiento de los Gobiernos y de los Organismos Internacionales que se interesan en el problema de las investigaciones agronómicas, los votos siguientes:

El crecimiento progresivo y constante de la población del mundo, y la mejora de su nivel de vida muestran la necesidad de:

I. Problemas generales.

a) Aumentar la divulgación de los resultados obtenidos en las experiencias, para que todos los países puedan emprender una acción eficaz con tendencia a mantener el más alto nivel de productividad en el suelo.

b) Asegurar en las Facultades e Institutos de Investigaciones la formación técnica y científica del mayor número posible de especialistas en materia de Ciencia del Suelo.

c) Preparar un amplio programa de investigaciones que se desarrollarán progresivamente, con la colaboración de todos los especialistas, para asegurar un conocimiento perfecto del suelo y para estar en condiciones de individualizar los medios técnicos más eficaces y más convenientes económicamente, para su defensa y valorización.

d) Estudiar los planes técnicos y financieros adecuados para conseguir tales objetivos.

II. Problemas especiales.

a) Solicitar los acuerdos internacionales ya iniciados, para la redacción de un mapa pedológico europeo sobre bases comunes.

b) Publicar un mapa mundial de la erosión.

c) Fomentar en particular los estudios relativos a la sustancia orgánica de los suelos, que es un factor esencial de la fertilidad, especialmente en los países tropicales.

Y por último, el Tema 13, Fertilización.

El Congreso, considerando la importancia primordial del abonado mineral en el aumento de los rendimientos agrícolas, los que actualmente permiten hacer frente a la alimentación de una población siempre en crecimiento, llama la atención de los Poderes públicos acerca del interés de continuar e intensificar en las Estaciones de Investigaciones y en los Institutos Agrícolas, los estudios con tendencia al perfeccionamiento y desarrollo del empleo del abono mineral en relación con el abono orgánico.

En la sesión plenaria fueron aprobadas varias mociones.

Por la 1.<sup>a</sup>, el Congreso acuerda que la cooperación internacional deberá ser intensificada y que con tal fin se cree un Centro Internacional de Cooperación. Al mismo tiempo se comunicó a los congresistas, que la Asamblea General de la C. I. T. A. ha fundado un Centro Internacional para la coordinación de la investigación agrícola con sede en Roma, que tratará de manera sistemática y continua la coordinación de la investigación en el plano internacional. A dicho Centro se podrán adherir las Instituciones Científicas de investigación agrícola, así como los servicios análogos de las grandes industrias.

En lo que respecta a la Edafología, el Congreso recomienda intensificar la divulgación de los resultados obtenidos por la investigación, con el fin de lograr una acción eficaz para mantener el más alto nivel de la productividad del suelo.

En lo concerniente a la fertilización, el Congreso recomienda llamar la atención de los Poderes públicos, sobre el interés de continuar e intensificar el estudio en los Institutos de Investigación, para conseguir el perfeccionamiento y generalización de la fertilización natural, juntamente con el empleo de abonos orgánicos.

V. HERNANDO

#### CONFERENCIA DEL PROFESOR DR. CARLO FERRARI EN EL INSTITUTO DE EDAFOLOGIA DE MADRID

El Profesor Ferrari, de la Universidad de Bolonia, ha pronunciado el día 26 de mayo una conferencia en la Sede Central del Instituto de Edafología sobre «Evolución de la Fertilidad Química del Suelo» y sobre «Fertilizantes Compuestos».

En la primera parte de su conferencia, el Profesor Ferrari se ha ocupado de la fertilidad química de los suelos, considerándola como un aspecto de la fertilidad general de los mismos y relacionándola con el asesoramiento que, de su conocimiento, debe darse al agricultor.

A este respecto ha considerado detenidamente la labor que el Instituto Español de Edafología viene desarrollando, haciendo hincapié en la importancia del problema que ha aconsejado, en el plano internacional, promover en todo el mundo el estudio detenido de la fertilidad química de los suelos y su relación con el oportuno informe sobre el abonado más conveniente.

En particular, el conferenciante se ha ocupado de dicha fertilidad, por lo que se refiere al fósforo en los suelos de Italia.

El Profesor Ferrari, autor de un método para la valoración de fósforo asimilable, examina las ventajas y los inconvenientes de todos los métodos propuestos, y expone la labor que en pro de la unificación de dichos métodos viene desarrollando en colaboración con distintos Centros Edafológicos europeos, que se ampliará próximamente a los de España, siendo las personas encargadas de la tarea correspondiente en nuestro país, el Prof. Lucena y el Dr. Hernando. Cree que los resultados obtenidos hasta el momento son alentadores, habiéndose conseguido un notable progreso en este campo de la fertilidad.

En la segunda parte de su disertación se ocupó de los fertilizantes compuestos y de las clasificaciones existentes en los diversos Estados, al respecto, señalando sus diferencias y las ventajas de cada uno de los tipos existentes. Estima que al agricultor, más que el origen de los abonos compuestos le interesan sus cualidades y riqueza en principios fertilizantes.

Se ocupa seguidamente del ácido fosfórico disponible existente en los abonos compuestos, bajo la forma soluble en agua y también de la soluble en citrato amónico, deteniéndose en el examen de las extensas gamas de solubilidad de una y otra clase

para cada uno de los diferentes abonos existentes en el mercado. Naturalmente, esto ocasiona una serie de dificultades que deben ser muy tenidas en cuenta por el técnico y por el agricultor, sobre todo con vistas a su valoración comercial.

Se refiere a continuación a la forma en que en Italia se ha abordado este problema y la forma en que se ha tratado de solucionarlo. Detalla las técnicas seguidas para la extracción del ácido fosfórico, y su posterior determinación mediante los métodos gravimétricos y colorimétricos. Entre estos últimos está el colorimétrico del azul de molibdeno, que ha sido adoptado generalmente en Italia a causa de su fácil y rápida ejecución.

#### IX REUNION BIENAL DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA Y QUIMICA Y VII DE LOS INSTITUTOS DE FISICA Y QUIMICA DEL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

Durante los días 10-15 de mayo han tenido lugar en Granada las Sesiones correspondientes a la IX Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física y Química y VII de los Institutos de Física y Química del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, organizadas por la Sección granadina de la mencionada Real Sociedad Española.

El programa científico ha incluido conferencias generales de Física y Química, comunicaciones científicas y visitas a fábricas situadas en las cercanías de la capital.

En la sesión de apertura pronunció unas palabras el Excmo. Sr. Rector Magnífico de la Universidad de Granada, y el discurso inaugural estuvo a cargo del Presidente de la Comisión Organizadora, Prof. R. Granados Jarque.

Las conferencias generales han estado a cargo de los Profs. M. Perrin, Alto Comisario de Energía Atómica de Francia; A. Covian, Catedrático de Química de la Universidad de Madrid, y C. Sánchez del Río, Catedrático de Física de la misma Universidad.

Los temas objeto de consideración fueron, respectivamente, los siguientes: «L'utilisation industrielle de l'énergie atomique», «Problemática de la piritita española en el momento presente» y «La Investigación en energía nuclear en 1959».

Para el mejor desarrollo de las sesiones, la reunión se dividió en las siguientes secciones: Física Teórica, Electricidad, Óptica, Espectroscopia y Estructura de la Materia, Física Nuclear, Química-Física e Inorgánica, Silicatos, Química Orgánica, Química Analítica y Química Técnica.

En total fueron presentadas a las distintas Secciones de la Reunión 188 comunicaciones científicas.

En las Secciones que afectaban a estudios realizados por los distintos Departamentos de este INSTITUTO DE EDAFOLOGÍA, fueron presentadas numerosas comunicaciones firmadas por miembros del mismo.

#### COLEGIO INTERNACIONAL DE CIENCIAS NATURALES

Este Colegio Internacional iniciará sus actividades próximamente en ocasión del centenario del insigne Geógrafo y Naturalista Alejandro de Humboldt, cuyos estudios en Hispano-América constituyeron la base del conocimiento geológico y biológico del Nuevo Mundo.

Aunque las finalidades del Colegio son muy extensas, en el presente curso des-

arrollará solamente unos cursillos de Alto Nivel, que estarán a cargo de destacados especialistas nacionales y extranjeros.

El programa a realizar comprende los cursos que a continuación se especifican, en las fechas que igualmente se señalan:

30-31 de julio:

PROF. J. A. VALVERDE, del Instituto de Aclimatación de Almería. *Disertación sobre: La fauna de la sierra de Cazorla, coto de Doña Ana y Picos de Europa.*

1 al 10 de agosto.

PROF. DR. N. LLOPIS LLADÓ, Director del Instituto de Geología Aplicada de la Universidad de Oviedo. *Cursillo de cartografía de yacimientos minerales.*

1. Introducción a la Cartografía de yacimientos minerales. 2. Características de los mapas geológicos. 3. Mapas de yacimientos filonianos. 4. Mapas de yacimientos exógenos. 5. Mapas hidrogeológicos y petrolíferos.

Además el cursillo incluye cinco clases prácticas y cuatro excursiones por Santander y Asturias.

11 al 25 de agosto.

PROF. DR. E. GADEA, Catedrático de Zoología de la Universidad de Barcelona. *Cursillo sobre comunidades zooedáficas.*

1. Los factores bióticos del suelo y la microfauna edáfica. 2. Técnicas zooedáficas. 3. Microfauna hidrófila y aerófila. 4. Dinámica de la microfauna edáfica. 5. El medio muscícola y sus comunidades zoológicas. 6. Comunidades zooedáficas silvícolas. 7. Comunidades zooedáficas pratenses y de tierras de cultivo. 8. Comunidades zooedáficas de medios diversos y especializados.

15 al 25 de agosto.

PROF. ANTONIO GUERRA, Jefe de la Sección de Cartografía de Suelos del Instituto de Edafología del C. S. I. C. *Cursillo de cartografía de suelos.*

1. Formación del perfil del suelo. 2. Modernas clasificaciones de suelos; su estudio crítico. 3. Descripción y estudio de los suelos en el campo. 4. Sistemas y métodos cartográficos. 5. Mapa de suelos de Santander: su estudio y discusión.

El cursillo comprende también clases prácticas y cinco excursiones por la provincia de Santander.

15 al 20 de octubre.

PROF. DR. WALTER KUBIENA, del Instituto de Edafología del C. S. I. C. *Coloquios sobre suelos.*

Cinco coloquios que se desarrollarán en el C. S. I. C. en Madrid, según programa especial que se detallará más adelante.

## COLOQUIO ESPAÑA-UNESCO SOBRE LAS RELACIONES ENTRE EL AGUA Y LAS PLANTAS EN CONDICIONES ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

Durante los días comprendidos entre el 24 y 30 de septiembre próximo tendrá lugar en Madrid un Coloquio España-Unesco, patrocinado por el Gobierno español, con el fin de estudiar las condiciones existentes entre el agua y las plantas en condiciones áridas y semiáridas, permitiendo a los especialistas de la materia contrastar y discutir los resultados de sus investigaciones originales.

El programa del Coloquio incluye lo siguientes puntos:

- A. Metodología del estudio de las relaciones entre el agua y la planta.
- B. Fuentes de agua para la planta.
- C. Balance hídrico de las plantas en condiciones áridas y semiáridas.

- D. La resistencia de las plantas a la sequía.
- E. Aplicaciones prácticas a la agronomía.

Al Coloquio han sido invitados científicos de Africa del Norte, Oriente Medio, Asia del Sur, etc. La Unesco asegurará, por su parte, la participación de un número adecuado de expertos en estas cuestiones.

La coordinación de las contribuciones al Coloquio se realiza por el departamento de Ciencias Exactas y Naturales de la Unesco. Por su parte, el Gobierno español ha constituido un Comité de Organización con la finalidad al efecto.

Al terminar el Coloquio tendrá lugar un viaje de estudios organizado por el Gobierno español, para visitar las zonas del Sur de España, que tienen interés general o científico para los asistentes a estas Reuniones.

### III SIMPOSIO INTERNACIONAL DE «AGROQUIMICA» SOBRE EL PROBLEMA DEL NITROGENO EN AGRICULTURA

Sevilla 17-22 octubre 1960.

El tema de este III Simposio será: «El problema del nitrógeno en Agricultura». Serán objeto de estudio y discusión los siguientes aspectos:

- 1.º Metabolismo del nitrógeno en el suelo.
- 2.º Metabolismo del nitrógeno en la planta.
- 3.º La nutrición nitrogenada de los vegetales.
- 4.º La urea en la alimentación de los rumiantes.
- 5.º El abonado nitrogenado.

Durante el Simposio se verificará una reunión para discutir el tema «El problema de la Enseñanza Agraria en la Universidad y en los Centros de Enseñanza Superior».

La sede del Comité de Organización radica en: Istituto di Chimica Agraria della Università di Pisa, Via S. Michele degli Scalzi n.º 2. Pisa. El Prof. Rotini está al frente del aludido Comité de Organización.

En España se ha constituido un Comité, presidido por el Excmo. Sr. Gobernador Civil de Sevilla, para preparar la realización del Simposio.

#### INVESTIGADORES.

Recientemente han sido promovidos a la categoría de Investigadores Científicos, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, afectos a la división de Ciencias Matemáticas, Médicas y de la Naturaleza, los Colaboradores que se relacionan a continuación:

- Dr. D. Miguel Delgado Rodríguez.
- Dr. D. Justo Domínguez Rodríguez.
- Dr. D. Antonio Fernández de Molina y Cañas.
- Dr. D. Rafael Gallego Andréu.
- Dr. D. Severino García Blanco Gutiérrez.
- Dr. D. Antonio García Verduch.
- Dr. D. Luis Jimeno Martín.
- Dr. D. Juan de Dios López González.
- Dr. D. Antonio Lorenzo Andréu.



Dr. D. Pedro Monserrat Recoder.  
Dr. D. Salvador Vicente Peris Torres.  
Dr. D. José Pons Rossel.  
Dr. D. Carlos Ramírez Gómez.  
Dr. D. Oriol Riba Arderiu.  
Dr. D. José M.\* Serratosa Márquez; y  
Dr. D. Alberto Sols García.

En el número próximo daremos una breve reseña de la biografía científica de los miembros que trabajan en las distintas dependencias del Instituto Nacional de Edafología, que han sido ascendidos a Investigadores Científicos.



## OTRAS REVISTAS DEL PATRONATO «ALONSO DE HERRERA»

*Anales de la Estación Experimental de «Aula Dei».*—Revista dedicada a la publicación de trabajos originales sobre investigación agrícola y problemas biológicos relacionados con la misma. Publicada por la Estación Experimental de «Aula Dei», Zaragoza.

Cada volumen, excepto vol. 1, contiene unas 300 páginas, distribuidas en cuatro números, que se publican a intervalos irregulares.

Ejemplar, 40 pesetas. Suscripción, 120 pesetas.

*Anales del Instituto Botánico «A. J. Cavanilles».*—Publicación del Instituto «Antonio J. Cavanilles».

Publica trabajos y notas científicas que abarcan todos los campos de la Botánica. Ejemplar, 110 pesetas. Suscripción, 100 pesetas.

*Archivos de Zootecnia.*—Recoge los trabajos de investigación del Departamento de Zootecnia, dedicado a la industria ganadera.

Trimestral. Ejemplar, 30 pesetas. Suscripción, 100 pesetas.

*Collectánea Botánica.*—Publicación del Instituto Botánico de Barcelona.

Dedicada a la Botánica en general, viene a ser un órgano exterior de la actividad del Instituto Botánico de Barcelona, elemento de enlace con los demás centros de investigación.

Publica trabajos sobre las distintas disciplinas de la Botánica: sistemática, florística, fitosociología, fisiología, micología, briología, algología, etc.

Dedica una parte a reseñas bibliográficas y a la información.

Semestral. Ejemplar, 45 pesetas. Suscripción, 90 pesetas.

*Farmacognosia.*—Publicación del Instituto «José Celestino Mutis».

Esta revista está dedicada al estudio de los problemas de Farmacognosia, siendo sus finalidades, una, propiamente científica, que trata de botánica, análisis químico, experimentación fisiológica y clínica, y otra de orden práctico, relativa al cultivo y recolección de materias primas idóneas, no sólo para la Medicina, sino para la Dietética y la Industria.

Trimestral. Ejemplar, 25 pesetas. Suscripción, 80 pesetas.

*Genética Ibérica.*—Publicación del Laboratorio de Citogenética del Instituto «José Celestino Mutis».

Publica trabajos sobre Citología, Citogenética y Genética de los diversos materiales que constituyen el tema específico de investigación en los distintos Centros colaboradores de la revista, en España y Portugal, y los relacionados con la mejora de las especies vegetales que interesan en la Farmacognosia.

Trimestral. Ejemplar, 20 pesetas. Suscripción, 70 pesetas.

*Microbiología Española.*

En esta revista aparecen originales microbiológicos españoles y extranjeros, siendo el órgano de publicación de los trabajos leídos en las reuniones de la Sociedad de Microbiólogos Españoles y de los efectuados en el Instituto «Jaime Ferrán» de Microbiología.

Trimestral. Ejemplar, 30 pesetas. Suscripción, 110 pesetas.

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
ANALES DE EDAFOLOGÍA Y FISIOLÓGIA VEGETAL

Tomoo, Xviii Nōm. 6 An' A'lo G'ia Y' F'is'io G'ia Y' F'ig'et A'l Jul'io 1959