

CAPÍTULO IV

ABONOS MIXTOS NATURALES

Abonos mixtos.—Estudiadas ya las principales materias fertilizantes que proceden de uno solo de los tres reinos de la naturaleza, debemos tratar ahora de las variadas mezclas que con ellas se forman.

Se llaman *abonos mixtos ó complejos* las materias fertilizantes que resultan de la mezcla de sustancias de origen diverso, procedentes unas veces de animales y de vegetales, otras de animales y de minerales y algunas de materiales de las tres clases.

Según el procedimiento empleado en su preparación, se dividen los abonos mixtos en *naturales y artificiales*.

Abonos mixtos naturales.—Entre las materias fertilizantes complejas obtenidas naturalmente se incluyen: el *estiércol*, los *compuestos*, las *barreduras de las poblaciones* y los *légamos ó cienos*.

I.—*Estiércol.*

Se da el nombre de *estiércol ó fiemo* al resultado de la mezcla de las deyecciones de los animales con las materias que les sirven de cama.

El valor fertilizante del estiércol depende de la naturaleza de las deyecciones, de la clase de sustancias que constituyen la cama de los animales y de la manera de confeccionarlo. Examinaremos la influencia de cada una de estas circunstancias.

Materias primeras del estiércol.—De la definición del estiércol se deduce que las materias que concurren á formar este abono son las deyecciones y las sustancias empleadas para cama de los animales. Trataremos primero de las deyecciones.

Deyecciones.—Las únicas deyecciones que por lo general contribuyen á la producción del estiércol son las de los ganados caballar, vacuno y de cerda.

Los excrementos son sólidos y líquidos; su riqueza en principios fertilizantes (nitrógeno, ácido fosfórico y potasa) varía con la especie animal de que proceden y, para una misma especie, con la edad y el régimen á que está sometido el animal.

Orinas de los animales.—Las orinas ó deyecciones líquidas son mucho más ricas en principios fertilizantes que los excrementos sólidos: la mayor parte del nitrógeno y de la potasa se halla en la parte líquida de las deyecciones; el resto del nitrógeno, el ácido fosfórico y la cal se concentran en las heces. Importa, por consiguiente, al agricultor no dejar perder la orina de los animales.

El nitrógeno de las orinas se halla al estado de *urea*; esta sustancia contiene 17,5 por 100 de nitrógeno y experimenta cuando la orina se halla expuesta al aire la influencia de un fermento especial que la transforma en carbonato de amoniaco, al cual es debido el olor fuertemente amoniacal que desprende la orina en putrefacción. La proporción de nitrógeno que una orina contiene está, pues, en relación con su riqueza en urea.

Las cantidades de orina proporcionadas por el ganado son muy variables; dependen de la especie animal y de la alimentación más ó menos acuosa que recibe. En general, se puede admitir las siguientes cantidades por cada veinticuatro horas:

Vaca.....	8,200	kilogramos.
Caballo.....	1,500	»
Carnero.....	0,500	»
Cerdo.....	3,500	»

La composición química y, por consiguiente, el valor agrícola de la orina de los diferentes animales varía, más aún que en las deyecciones sólidas, con el régimen á que están sometidos. Sin embargo, las cifras siguientes se pueden considerar como el término medio, y pueden aplicarse en la mayoría de las circunstancias:

	Vaca.	Caballo.	Carnero.	Cerdo.
Agua.....	92,13	91,08	86,30	97,92
Materias orgánicas.....	5,22	5,58	8,10	1,05
— minerales.....	2,65	3,33	2,60	1,03
Nitrógeno por 100.....	0,98	1,48	1,30	0,23

Las orinas pueden ser clasificadas por el orden siguiente, atendiendo á su riqueza en nitrógeno, materias orgánicas, materias minerales y materias sólidas:

Nitrógeno: caballo, hombre, carnero, vaca y cerdo.
 Materias orgánicas: carnero, caballo, vaca, hombre y cerdo.
 Materias minerales: caballo vaca, carnero, cerdo y hombre.
 Materias sólidas: carnero, caballo, vaca, hombre y cerdo.

Excrementos sólidos de los animales.—Aunque la cantidad de deyecciones sólidas producida cada veinticuatro horas varía necesariamente con las circunstancias, se admite, como término medio, la siguiente:

Vaca.....	20	kilogramos.
Caballo.....	16	»
Carnero.....	0,650	»
Cerdo.....	1,250	»

Las deyecciones sólidas de los animales tienen otras propiedades que las orinas, pero, como en éstas, su valor fertilizante varía con la especie animal. La composición química de los excrementos sólidos del ganado vacuno, caballar, lanar y de cerda, según Cameron, es la siguiente:

	Vacuno.	Caballar.	Lanar.	De cerda.
Agua.....	860	750	640	760
Materias sólidas.....	140	250	360	240
Conteniendo:				
Acido fosfórico.....	0,2	4	5	5
Nitrógeno.....	3,6	6	6	7
Potasa y sosa.....	2,2	3,5	3	6,5

Las deyecciones sólidas de los ganados vacuno y de cerda son, según se ve, más acuosas y menos activas; su *boñiga* es esponjosa, absorbe la humedad y se descompone lentamente en el suelo

produciendo escaso calor, y da lugar á *estiércoles fríos*. Los excrementos sólidos de los ganados caballar y lanar son más secos y se descomponen con más rapidez, desarrollan durante la fermentación una temperatura muy elevada, y originan *estiércoles calientes*.

La naturaleza de las deyecciones depende del régimen alimenticio. Los excrementos de los animales racionados con pienso seco (granos, heno, etc.) contienen mayor proporción de nitrógeno y de fósforo; los de los ganados mantenidos con yerbas y forrajes frescos son más acuosos y menos concentrados. Las deyecciones del ganado alimentado con alfalfa, trébol y orujos son ricas en nitrógeno; los tubérculos y raíces proporcionan potasa.

La edad de los animales influye también en la calidad de las deyecciones. Los excrementos de los animales jóvenes son más pobres en principios fertilizantes, porque para crecer y desarrollarse necesitan asimilar mayor proporción de los materiales que reciben en forma de alimento. Los adultos, que asimilan menos, proporcionan deyecciones más ricas.

Deyecciones mixtas.—La mezcla de las deyecciones sólidas y líquidas constituye las *deyecciones mixtas*. Según Boussingault y Müntz, la composición de las deyecciones mixtas al estado fresco, en 100 partes, es la siguiente:

	Agua.	Nitrógeno.	Acido fosfórico.	Potasa.
Ganado vacuno.....	84,3	0,41	0,09	1,82
» caballar.....	75,4	0,74	0,17	0,54
» lanar.....	67,1	0,91	0,16	0,87
» de cerda.....	93,8	0,37	0,28	Bastante.

Según Haberlandt, la producción media anual de las deyecciones mixtas de las diferentes especies de ganados y la composición de las mismas, en kilogramos, es la siguiente, que representa el término medio de los análisis practicados por Boussingault, Girardin, Stohmann y Rogers:

	Vacuno.	Caballar.	De cerda.	Lanar.
Cantidad total de deyecciones.	14.000	7.500	1.500	570
Materia seca.....	1.688	1.605	195	185
Nitrógeno contenido en ella..	53	48	7,25	5
Cenizas, cantidad total.....	278	225	51	29,50

	Vacuno.	Caballar.	De cerda.	Lanar.
En las mismas:				
Potasa.....	113	45,50	7,50	5,25
Cal y magnesia.....	43	21	2,50	6,50
Acido fosfórico.....	15	21	1,50	2,30
» sulfúrico.....	9	2,25	0,75	1,75

Camas de los ganados.—Estudiadas las deyecciones de los animales, debemos tratar del otro elemento esencial del estiércol, es decir, de las sustancias que constituyen la cama de los ganados.

Para constituir el estiércol, las deyecciones sólidas y líquidas son recibidas por sustancias absorbentes que tienen el doble objeto de proporcionar un lecho blando á los animales y retener los excrementos. Conviene además que estas materias absorbentes sean ricas en principios fertilizantes para que mejoren la calidad del estiércol. De modo que las materias que se emplean para cama de los ganados deben satisfacer las tres condiciones siguientes:

- 1.^a Proporcionar al ganado una cama conveniente.
- 2.^a Tener la propiedad absorbente en el mayor grado posible.
- 3.^a Ser ricas en nitrógeno y materias minerales.

Entre las materias que satisfacen dichas condiciones se hallan las pajas de las cereales y legumbres, los helechos, juncos y otras yerbas espontáneas, las hojas secas y restos de vegetales diversos, el mantillo de los bosques, el serrín de madera, la turba, el tau y las tierras absorbentes. Se deben emplear las sustancias cuya adquisición sea más fácil y económica. En nuestro país se utilizan generalmente las pajas de los cereales.

Las pajas de los cereales, por su elasticidad y blandura, proporcionan lecho cómodo á los ganados, y por su conformación tubular y su estructura esponjosa retienen fácilmente las deyecciones, pero son pobres en nitrógeno, ácido fosfórico y sales; teniendo en cuenta, exclusivamente, la riqueza en principios fertilizantes, son preferibles las pajas de leguminosas y crucíferas.

La turba dividida y tamizada es muy recomendable, por su gran poder absorbente para los líquidos y los gases esparcidos por los establos, para cama de los animales. Se emplea en la proporción de 3 á 5 kilogramos por día y por cabeza para los grandes animales domésticos.

Para obtener buenos estiércoles, es decir, que contengan en poco volumen gran proporción de principios útiles, la cantidad de materia empleada para cama debería ser reducida; pero en la práctica, el bienestar y la salud del ganado obligan á emplear mayores cantidades, tanto más elevadas cuanto más líquidas son las deyecciones. Se debe, sin embargo, tener cuidado de que la cantidad no sea excesiva, porque si bien se aumentará la proporción de estiércol, el abono obtenido será de poco valor.

Según ha demostrado la experiencia, para el caballo la proporción de sustancia seca empleada para cama debe ser igual al peso del alimento; el ganado vacuno exige más, y más todavía el de cerda, porque sus deyecciones mixtas contienen mayor proporción de agua.

Cuando los animales se alimentan con forrajes verdes, residuos de destilerías, pulpa de remolacha, y cuando entran en la ración en proporción notable las hojas de esta planta, la cama debe ser más abundante y más absorbente.

Cuanto más divididas se encuentran las sustancias que constituyen la cama, más absorbente es ésta; por eso conviene dividir las pajas largas antes de emplearlas.

En general, la cama debe ser más abundante en invierno que en verano, no solamente porque la temperatura en esta estación es más rigorosa, sino también porque es más larga la permanencia del animal en el establo.

La cantidad de materia empleada para cama depende, por último, de la naturaleza del estiércol que se quiera obtener; en algunos países, donde las tierras son *fuertes* y compactas, emplean abundantes camas para conseguir estiércoles *largos* y pajosos (poco descompuestos) que den soltura al suelo.

Según se ve, es difícil señalar de manera absoluta las cantidades de materia que se deben emplear para cama. Como término medio se recomienda por día:

Para el caballo.....	2 á 4	kilog. de paja.
> buey ó la vaca.....	3 á 5	>
> cerdo de engorde...	1,5 á 3	>
> carnero	0,5	>

Fermentación del estiércol.—Veamos ahora cómo de la mezcla de las deyecciones y de las camas puede resultar el estiércol.

Thénard ha sido el primero que ha tratado de explicar las transformaciones químicas que se verifican en la fermentación del estiércol. Según este químico, en un montón de estiércol se hallan tres clases de compuestos que se forman sucesivamente y en el orden siguiente:

1.º En la parte superior un compuesto parduzco, al cual da el nombre de *glucosa nitrogenada*, soluble en el agua y que contiene 9,73 por 100 de nitrógeno. Esta sustancia comienza á formarse en cuanto el carbonato de amoniaco que resulta de la fermentación de la urea obra sobre las materias solubles de las camas (fermentación sacarina de la paja).

2.º En la parte media otro compuesto también parduzco, que se forma por la oxidación de las materias vegetales de las camas bajo la influencia de la fermentación que eleva á veces la temperatura á 40º. Este compuesto, insoluble en el agua y en los ácidos pero soluble en los álcalis, constituye el ácido *húmico* ó *géico* que se transforma poco á poco, en virtud de su solubilidad en los álcalis, en humato de amoniaco.

3.º En la parte baja un compuesto pardo oscuro, que resulta de la combinación de la glucosa nitrogenada con el humato de amoniaco, y que es, como el precedente, insoluble en el agua y soluble en el amoniaco; este compuesto es el ácido *fúmico*, el principio más activo del estiércol, que contiene, según Thénard, 5,5 de nitrógeno. Combinándose el ácido fúmico á las materias parduzcas anteriores, origina los cuerpos negros insolubles que se designan con el nombre de *manteca negra*.

Dehérain ha practicado recientemente notables investigaciones, que daremos á conocer sumariamente, acerca de la fermentación del estiércol. Comienza este eminente agrónomo por determinar la composición inmediata de las pajas que constituyen la cama del ganado.

Las pajas contienen:

1.º Materias minerales. Las cenizas de las pajas contienen una notable cantidad de sílice; la proporción de ácido fosfórico es débil; la de la potasa es algo más elevada.

2.º Hidratos de carbono solubles, como las materias azucaradas.

3.º Hidratos de carbono que, como el almidón, se transforman en glucosa por la acción de los ácidos diluidos.

4.º Dos sustancias que deben ser clasificadas entre las *vasculosas*, una de las cuales es más atacable que la otra por los reactivos alcalinos, y por consiguiente, por los carbonatos que resultan de la descomposición de la parte líquida de las deyecciones.

5.º Celulosa.

6.º Materias nitrogenadas de naturaleza albuminoidea, parcialmente solubles en las disoluciones alcalinas.

Las sustancias que se ponen en contacto en la confección del estiércol son, pues, de una parte los carbonatos alcalinos procedentes de la descomposición de las orinas, y de la otra la paja conteniendo las dos vasculosas, la celulosa y una débil proporción de materias nitrogenadas. Las reacciones determinadas por la acción de los carbonatos alcalinos serían poco enérgicas en frío, pero en el estiércol la temperatura se eleva considerablemente, hasta llegar á 70 ú 80º y á inflamar á veces la masa espontáneamente, á consecuencia de las fermentaciones que tienen lugar.

La temperatura del estiércol no es igual en toda su masa. Si se examina un montón de estiércol formado por capas superpuestas es fácil observar que la temperatura aumenta con la altura: en la parte baja del montón es de 20 á 25º, á un metro ó metro y medio se eleva á 30 ó 35º, á dos metros asciende á 30 ó 40º y en las capas superiores alcanza y á veces excede de 60º. Estas diferencias, que corresponden al grado de comprensión y de imbibición para los líquidos de las distintas capas del estiércol, permiten prever que la temperatura será tanto más elevada cuanto más fácil sea el acceso del aire; el análisis de los gases extraídos del montón del estiércol demuestra la verdad de esta suposición. Mientras que los gases procedentes de las capas superficiales contienen ácido carbónico y una proporción muy grande de nitrógeno, en las capas bajas, por el contrario, no se halla más que cantidades insignificantes de nitrógeno, lo que prueba que el aire no ha penetrado hasta allí.

La combustión lenta que se origina en el montón de estiércol y que eleva la temperatura favorece las reacciones que deben verificarse; pero ¿cuál es la causa que determina esta combustión lenta acusada por la producción de ácido carbónico?

Si se examinan al microscopio algunas gotas de agua proce-

dentales del lavado del estiércol se las ve pobladas de bacterias diversas. Unas de estas bacterias son *aerobias* y viven en las capas superiores del estiércol, donde el acceso del aire es fácil; las otras son *anaerobias* y se hallan en las partes medias y bajas del montón. A estas dos clases de bacterias se deben principalmente las fermentaciones que tienen lugar en el estiércol; pero la fermentación originada por las bacterias aerobias es distinta de la producida por los fermentos anaerobios, y las diferencias de temperatura que se observan en las diversas capas del montón están relacionadas con estas dos diferentes fermentaciones, y por consiguiente, con la presencia de estas dos clases de bacterias.

Los fermentos aerobios, que se hallan en la parte superior del montón, son, según parece, la causa principal de la oxidación, ó lo que es igual, de la combustión de las materias del estiércol; por eso es más elevada la temperatura de las capas superiores, donde viven estos microorganismos en contacto del aire, determinando enérgicas oxidaciones. Se observa, sin embargo, que la oxidación se sigue produciendo cuando se paraliza con el cloroformo la acción de estos fermentos figurados, lo que parece demostrar que la combustión del estiércol, aunque debida principalmente á estas bacterias, no es originada exclusivamente por ellas.

Los fermentos anaerobios, que viven en las capas medias y bajas donde el acceso del aire es difícil, atacan la celulosa produciendo una mezcla de ácido carbónico y de hidrógeno protocarbonado (gas de los pantanos). La descomposición de la celulosa por este fermento origina una combustión menos intensa, y por eso la temperatura es menos elevada en las regiones medias y bajas del montón, donde se hallan estos microbios. Al contrario de lo que sucede con las bacterias aerobias, la fermentación que da por resultado la descomposición de la celulosa no tiene lugar cuando se paraliza con el cloroformo la actividad de los fermentos anaerobios.

El fermento al cual se atribuye la descomposición de la celulosa parece ser el *Bacillus amylobacter* ó fermento *butírico*, así llamado porque descompone las materias ternarias más diversas (almidón, dextrina, azúcares, glicerina, celulosa, etc.) en ácido butírico, ácido carbónico, hidrógeno y otros productos accesorios. Cuando obra sobre los azúcares y el almidón origina, además del

ácido butírico, hidrógeno y ácido carbónico; produce también hidrógeno cuando ataca á la celulosa sumergida en líquidos neutros, que no tardan en volverse ácidos; pero origina hidrógeno protocarbonado, nunca hidrógeno libre, cuando descompone la celulosa en líquidos que se hacen alcalinos por el carbonato de amoniaco ó de potasa, que es precisamente lo que sucede en el estiércol, donde los líquidos ofrecen siempre una reacción alcalina.

El microbio que ataca y disuelve la celulosa es corto, grueso y refringente; y, aunque es anaerobio, produce esporas que, según parece, tienen necesidad del oxígeno del aire para desenvolverse. Por eso conviene regar con frecuencia el estiércol para favorecer el acceso del aire, que además de activar las fermentaciones aerobias, avive las esporas del fermento butírico, que permanecen inertes cuando se hallan largo tiempo privadas del contacto del oxígeno.

En cuanto al origen de los fermentos del estiércol, es probable, según Dehérain, que los microbios que tapizan el intestino de los herbívoros sean arrojados con los excrementos, y continúen ejerciendo su acción sobre los hidratos de carbono contenidos en las pajas de las camas en que son depositados; por lo menos, añadimos nosotros, el fermento que descompone la celulosa del estiércol es el mismo que ataca esta sustancia en la panza de los rumiantes.

Los líquidos alcalinos del estiércol constituyen un medio favorable para el desarrollo de los fermentos aerobios. La acción de estos fermentos y la de los líquidos alcalinos es, pues, combinada y recíproca: los líquidos alcalinos atacan los elementos constitutivos de las pajas y son un medio favorable para el desarrollo de los microbios; y éstos, á su vez, descomponen la materia orgánica, y contribuyen á elevar la temperatura del estiércol para que la acción de los carbonatos alcalinos sea más enérgica.

La fermentación del estiércol transforma en principios solubles y fácilmente asimilables por la planta las sustancias que se hallaban al estado inactivo ó insoluble. El resultado de la fermentación es una materia homogénea, negra, suave al tacto, pesada y compacta, en la que ha desaparecido la estructura de las materias constituyentes.

Estiércoles de las diversas especies de ganados.— Ofreciendo las deyecciones sólidas y líquidas de los diferentes

animales que el hombre explota distinta composición, les debe suceder lo mismo á los estiércoles que los diversos ganados proporcionan; así es, en efecto, y no solamente tienen distinta composición química, sino que ofrecen propiedades físicas diferentes.

El análisis de estiércoles que no habían permanecido en el establo más que veinticuatro horas, y que no habían, por tanto, sufrido ninguna fermentación acusa la composición centesimal siguiente, según Boussingault:

	Agua.	Materias orgánicas.	Materias minerales.	Nitrógeno total.	Ácido fosfórico.	Potasa y sosa.
Caballo alimentado con heno y avena (2 kilogramos de paja para cama al día).....	67,4	29,25	3,35	0,67	0,23	0,72
Vaca alimentada con retén de heno y patatas (3 kilogramos de paja para cama al día).....	81,8	16,40	1,80	0,34	0,13	0,35
Carnero alimentado con heno (225 gramos de paja para cama al día).....	61,6	34,50	3,90	0,82	0,21	0,84
Cerdo alimentado con patatas cocidas (450 gramos de paja para cama al día)...	72,8	23,30	3,90	0,78	0,20	1,69

El estiércol de ganado lanar es, sin disputa, el mejor. Es un estiércol ligero y el más seco de todos. Conviene á todos los terrenos, especialmente á los arcillosos y fríos; pero no produce buenos resultados en todos los cultivos. Ocasiona en el trigo la inclinación de los tallos; perjudica á la riqueza sacarina de la remolacha, y la cebada cultivada con este abono es rechazada por los fabricantes de cerveza, porque es pobre en almidón. En cambio, su empleo resulta conveniente en la colza, tabaco, col y cáñamo.

El estiércol de caballo es muy caliente, tal vez más que el de ganado lanar, siempre que se incorpore al suelo al estado fresco; fermenta con mucha facilidad. Estas condiciones le hacen apreciable en horticultura para la confección de camas calientes. Conviene á los terrenos fríos y húmedos y á los arcillosos y compac-