

641.8

CIDEC: GINEBRA
Fecha: AGOSTO 71
Ref: CR/RP 2



CENTRO DE PROMOCION DE
SERVICIO TECNICO Y DE INNOVACION
Los Conquistadores 1925 - Santiago - Chile



EL COBRE EN LA AGRICULTURA

CIDEC

Conseil International pour le Développement du Cuivre

INDICE

	Pág.
1. EL COBRE COMO ELEMENTO NUTRITIVO ESENCIAL	1
1.1. El cobre y la planta	1
1.2. El cobre "útil"	1
1.3. Carencias de cobre y su corrección	2
1.4. Aspectos cuantitativos	5
2. EL COBRE EN ALIMENTACION ANIMAL	5
2.1 Necesidades mínimas de cobre	6
2.2. Inocuidad del cobre en la alimentación animal	7
2.3. Interacción cobre-molibdeno	8
2.4. El cobre en la leche	8
2.5. Aplicaciones del cobre en Veterinaria	8
3. EL COBRE EN LA PROTECCION DE LAS PLANTAS	9
3.1. Vid	9
3.2. Frutales de pepita	10
3.3. Frutales de hueso	11
3.4. Nogales y avellanos	12
3.5. Cítricos	12
3.6. Olivos	13
3.7. Fresal	13
3.8. Remolacha azucarera	14
3.9. Apio	14
3.10. Solanáceas	14
3.11. Arroz	15
3.12. Cultivos tropicales	15
3.12.1. Café	15
3.12.2. Cacao	16
3.12.3. Plátanos	16
3.13. Aspectos cuantitativos de la utilización del cobre en la protección de las plantas	16
3.14. Conclusiones	16
4. POSIBLE CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE	17
4.1. Otra contaminación creada por el hombre	17
APENDICE	19
TABLA	21
GLOSARIO	22

EL COBRE EN LA AGRICULTURA

En este informe, la palabra "Agricultura" incluye tanto los cultivos agrícolas y hortícolas como la cría de animales. No se detiene en la descripción del amplio papel que desempeña el cobre en los mecanismos biológicos, aunque a veces no pueda evitar citar ciertos aspectos de las funciones biológicas del cobre, con las que la Agricultura sólo tiene relación indirecta.

1. EL COBRE COMO ELEMENTO NUTRITIVO ESENCIAL

Los compuestos de cobre, son, en pequeñas cantidades, esenciales para la vida y la salud de todas las plantas y animales. Mientras en algunas aplicaciones metalúrgicas el cobre puede hallar sustitutivos no ocurre lo mismo en los mecanismos biológicos. Tanto en las plantas como en los animales, la mayor parte del cobre se encuentra combinado con las proteínas, normalmente en forma de una oxidasa relacionada con la transferencia de electrones. Ejemplo de estos catalizadores orgánicos son la tirosinasa, la lacasa y la oxidasa ascórbica en las plantas, y la oxidasa de citocromo, la ureasa y la ceruloplasmina en los animales. El cobre está presente en los ceroplastos de las hojas verdes, desempeñando un papel esencial en la fotosíntesis (de la cual depende la agricultura, y, por lo tanto, todos los tipos de vida animal y humana), además de ser factor indispensable, en la médula ósea de todos los mamíferos y aves, para la formación de los glóbulos rojos.

1.1. El cobre y la planta

La planta toma del suelo el cobre que necesita, bien en estado iónico, bien en cualquier otra forma soluble. Una pequeña cantidad de cobre "útil" en el suelo, del orden de 4 partes por millón de suelo seco, es suficiente para satisfacer las necesidades de la mayoría de las plantas cultivadas. Si el cobre "útil" es menor generalmente se producen cambios patológicos en la planta, cuya intensidad depende de la magnitud de la carencia de cobre. Aunque todas las plantas, incluidos arbustos y árboles, acusan más o menos rápidamente la falta de cobre, la mayoría de los cereales, como la avena, la cebada, y el trigo, son especialmente sensibles, mientras los tomates, el tabaco y las cebollas lo son bastante menos. Así, estas plantas son útiles indicadores de carencias en los suelos. Entre los frutales, los ciruelos, melocotoneros, manzanos y perales son también muy sensibles a la falta de cobre. No obstante, es difícil diagnosticar tal carencia con la sola observación exterior de la planta, ya que, muchas veces, el trastorno observado puede no ser debido a la simple carencia de cobre útil sino estar complicado con la falta (o incluso exceso) de otros microelementos nutritivos (por ejemplo, carencia de manganeso, o eventualmente anormal exceso de molibdeno) en el suelo. Además, las necesidades mínimas de cobre de las diferentes especies de plantas no son las mismas, variando también en los diferentes estados de desarrollo.

1.2. El cobre "útil"

En los modernos laboratorios de edafología, la determinación del contenido total de cobre de un suelo no plantea ningún problema. Es mucho más difícil hacer una estimación real del cobre "útil", es decir de la parte del total de cobre existente

Cobre útil. (ppm)			
Antes del tratamiento	Al año	A los tres años	A los seis años
5,0	10,0	14,0	11,5

El sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), que contiene aproximadamente la cuarta parte de su peso en cobre, es el fertilizante más corrientemente utilizado, pero el oxiclورو y otros varios compuestos y formas de cobre, desde el cobre metálico o aleaciones de cobre finamente divididos (que lentamente se disuelven en el suelo) hasta las escorias molidas de los hornos de extracción, se han utilizado con resultado satisfactorio. (Cuando se utilizan escorias el contenido de Cu no debe ser inferior al 2,5%).

En la práctica, hay que seguir el consejo de los especialistas en suelos respecto a cantidad y tipo de fertilizante con cobre a utilizar para tratar un suelo determinado así como qué otras carencias de elementos micronutritivos hay que pensar en corregir. Para ciertos cultivos es preferible administrar una solución diluída de sal de cobre por pulverización foliar. Si se utiliza este sistema habrá que repetir los tratamientos anualmente, mientras que con un solo tratamiento del suelo la adición de cobre es suficiente para cinco o más años. Se debe considerar que, para la mayoría de los cultivos, existe una amplia zona de seguridad entre la mayor cantidad de cobre (para varios años) que cualquier especialista o edafólogo recomendaría para un suelo con carencia de cobre y la cantidad que podría causar algún daño a la planta. Pero, como el porcentaje de cobre en los tejidos de la planta aumenta con la proporción de cobre en el suelo, en ciertos suelos muy ricos en cobre se podría alcanzar un punto en el que no hubiera toxicidad para la hierba que el suelo produce pero sí para el ganado que la come (ver apartado 4). Cuando los suelos poseen un exceso de cobre se les puede añadir cal para disminuir el cobre útil; por el contrario, en los suelos con bajo o más bien bajo cobre la adición de cal no es recomendable, a no ser que también se hagan tratamientos periódicos con cobre. Los suelos calizos suelen ser deficientes en cobre útil.

Otros suelos que, generalmente, presentan carencias de cobre son los turbosos, sobre todo los recientemente puestos en cultivo, las margas poco profundas, los suelos arenosos con alto contenido de humus, los suelos arenosos y calcáreos, y los muy lixiviados, especialmente si son ácidos. Otros muchos tipos de suelos pueden ser carenciales de cobre y la eficiencia (o lo contrario) del drenaje puede ser importante. En Europa se pueden encontrar suelos carenciales de cobre en una amplia zona que discurre por los Países Bajos, Dinamarca, sur de Suecia, oeste de Alemania, costa sur del Báltico, hasta Alemania del Este (R.D.A.) y más allá. En estas regiones hubo extensas morrenas en la época glacial más reciente; cuando el hielo se fue fundiendo lentamente hacia el norte el continuo lavado se llevó no sólo la mayor parte del cobre y otros oligoelementos sino además gran cantidad de macronutritivos. En estas precarias condiciones, solamente las plantas acidófilas con pequeñas necesidades de elementos micronutritivos fueron capaces de arraigar y sobrevivir. En el curso de miles de años se formaron suelos pantanosos o arenosos con gran cantidad de humus ácido y muy poco cobre, el cual, al estar además estrechamente ligado con el humus, es difícilmente utilizable por las plantas. De modo que algunos de estos suelos contienen bastante menos de 4 ppm de cobre total. En algunos casos, aunque la cantidad total de cobre es de 10-15 ppm, los cultivos muestran una marcada carencia de cobre, pues la mayor parte de éste está presente en forma inutilizable por la planta.

No sólo en Europa sino en muchas otras partes del mundo, la superficie de tierras carenciales de cobre es muy extensa, y se va ampliando a medida que los suelos y los cultivos se estudian más detenidamente.

Suelos como los mencionados, y otros con poco o muy poco cobre útil, se pueden encontrar no solamente en Europa (en donde Austria, Bélgica, España, Finlandia, Francia, Gran Bretaña, Irlanda, Noruega, Portugal y la URSS se deben añadir a la lista de los países antes mencionados) sino también en muchas otras partes del mundo (incluyendo regiones de Australia, sur y este de Africa, India, Japón, Malasia, Nueva Zelanda, y U.S.A.) donde mediante análisis de suelos se ha determinado que cosechas de poca calidad, e incluso totalmente perdidas, eran consecuencia de estados carenciales de cobre. Estas carencias no son, por supuesto, la única razón para una mala cosecha; enfermedades de las plantas, aportaciones deficitarias de elementos macro y micronutritivos distintas del cobre, insuficiente o excesiva humedad, excesiva acidez o alcalinidad o concentración de sales en el suelo son causas más frecuentes. Aún más, aunque se sospeche un exceso o defecto de micronutritivos, en muchos casos el protagonista puede ser un oligoelemento distinto del cobre, como el cinc o el manganeso. De todas formas, los análisis* y el consejo de un especialista en suelos, ayudado si es necesario con ensayos en cultivos, aportará sin duda la respuesta correcta.

En los suelos arables en los que el cobre útil es marginal, hay que tener cuidado no solamente con la adición de cal sino también con el de fertilizantes nitrogenados; un tratamiento muy fuerte con éstos puede ocasionar síntomas de carencia de cobre, puesto que la alta concentración de compuestos nitrogenados puede formar complejos con el cobre del suelo, haciéndolo menos útil para la planta. Se ha comprobado también que, cuando el cobre útil está presente en proporción algo mayor que la que necesita una cosecha normal de cereal, la adición de fertilizantes nitrogenados más el cobre hace que el rendimiento sea superior al obtenido con el fertilizante nitrogenado sólo.

Los suelos turbosos o pantanosos recientemente puestos en cultivo, así como otros con gran proporción de materia orgánica, no sólo tienden a ser deficientes en cobre sino que, además, lo retienen en forma tal que las plantas encuentran gran dificultad para absorberlo, cuando las adiciones se realizan antes de la siembra. En algunos de estos casos, la pulverización foliar de una sal de cobre diluída, como el oxiclورو de cobre (que tiene al mismo tiempo propiedades fungicidas), aplicada directamente al cultivo en desarrollo puede dar buenos resultados, pues una pequeña pero significativa cantidad de cobre es absorbida a través de las hojas. Las cantidades de cobre que se aplican de esta forma son probablemente insuficientes como para tener un valor residual aprovechable por la siguiente cosecha sobre el mismo suelo, si bien se ha sugerido que la sustitución del caldo bordelés, así como otros fungicidas que contienen cobre (ver apartado 3.10 en Protección de Plantas), por fungicidas basados en cinc y manganeso puede conducir a mayores síntomas de carencias de cobre en las cosechas que siguen inmediatamente a la de patata tratada por pulverización con cobre.

En los párrafos que siguen, la palabra "cosecha" se puede hacer extensiva a las praderas, ya se utilicen para pastoreo o para obtener forraje. La producción de hierba y su calidad, así como las de otras gramíneas como los cereales y la caña de azúcar, disminuyen si hay carencia de cobre. Citando a Kannenberg** "La duración y la gran influencia de los tratamientos con cobre de los pastizales se traducen en salud, rendimiento y fertilidad de los animales".

*Se está empezando la preparación y publicación de mapas de suelos de países o regiones importantes, que muestran el estado del cobre y de otros elementos micronutritivos en las diferentes zonas de un país. Si estos mapas de carencias de microelementos abarcaran todos los países del mundo serían muy útiles para la agricultura. Se debe hacer resaltar que la preparación de estos mapas requiere una sólida base de análisis de suelos. Desde hace varios años se vienen utilizando apropiados métodos analíticos automáticos.

**H. Kannenberg, Cuprum pro Vita (1965) p. 51.

1.4. Aspectos cuantitativos

A escala mundial, la cantidad de cobre total utilizada en nuestros días para corregir las carencias de los suelos es realmente importante. Como los agricultores de países bien informados adquieren más conocimientos y sus técnicos en suelos están cada día mejor instruidos, el uso del cobre crece continuamente. Cifras muy conservadoras (expresadas todas en Cu) de consumos anuales nos indican: 750 toneladas para la agricultura eficiente Dinamarca; más de 600 toneladas en Nueva Zelanda; como mínimo tres veces más en Australia; unas 100 toneladas en el Reino Unido; en la URSS, países del Este de Europa y Estados Unidos aún más, aunque estas cifras son solamente aproximadas. Holanda, Alemania Federal y Alemania del Este consumen grandes cantidades de escorias molidas ricas en cobre. El uso de estas escorias encierra cierto peligro, ya que se adicionan al suelo sustancias fitotóxicas, especialmente si el cobre contenido en las escorias es mucho menor del 2,5%, pues entonces se añade con el cobre una gran cantidad de material potencialmente nocivo. Lo mismo ocurre con la tendencia actual de extraer cobre de las gangas. El uso del cobre para mejorar los suelos en países menos desarrollados, donde las deficiencias en microelementos son grandes, comienza a hacerse notar en la demanda mundial de cobre.

Lo realmente cierto es que, a medida que la población mundial aumenta —y esto parece inevitable por lo menos en los próximos dos o tres decenios— y se incrementan las necesidades de alimentos tanto para el hombre como para los animales, y hay que buscar mayores rendimientos por hectárea de las tierras cultivadas (por ejemplo, el gran desarrollo que se ha dado a las variedades de tallo corto en el trigo, que producen dos o tres veces más en peso de grano por hectárea que las variedades tradicionales) así como el aprovechamiento de tierras no cultivadas, habrá que prestar más atención a la corrección de las carencias de cobre y de los demás microelementos esenciales en los suelos; este es el caso particular de los cultivos intensivos en suelos cuyo contenido original de estos elementos nutritivos era poco más que el adecuado, es decir menos de 4 ppm de cobre útil. La demanda mundial de cobre esencial e insustituible para el tratamiento de los suelos se incrementará sustancialmente en los dos o tres próximos decenios.

2. EL COBRE EN ALIMENTACION ANIMAL

Ya hemos dicho que el organismo animal, como las plantas verdes, necesita pequeñas cantidades de cobre, esenciales para la salud y el normal desarrollo, y que ninguna otra sustancia puede sustituirlo. Todos los tejidos animales contienen cobre; en los animales normales aparece más o menos firmemente unido a las proteínas, formando complejos que generalmente poseen propiedades enzimáticas de vital importancia para el apropiado funcionamiento del tejido.

Para el aprovechamiento efectivo del hierro se necesita una cantidad suficiente de cobre; dietas deficientes en cobre conducen, antes o después, a la anemia. En animales jóvenes, la carencia de cobre puede ocasionar trastornos en el desarrollo normal de los huesos; los corderos jóvenes de madres que han tenido una dieta deficiente en cobre sufren frecuentemente de ataxia congénita (desviación de columna), mostrando serias lesiones en el sistema nervioso central; en el ganado vacuno adulto y las ovejas se producen trastornos reproductivos; los bovinos tienen con frecuencia diarreas agudas; en las vacas lecheras se obtienen bajas producciones de leche y en las ovejas lana deficiente. La falta de pigmentación en el pelo o lana puede ser también el resultado de una carencia de cobre.

El ganado en general, y en especial los rumiantes, están en una posición muy vulnerable cuando el suelo donde pastan es pobre en microelementos nutritivos. Mientras gran parte de la población humana mundial tiene una dieta más o menos variada y su crecimiento desde la juventud a la madurez es mucho más lento que el de los animales jóvenes, éstos tienen una dieta carente de variación, derivada del pastoreo o forraje de una sola área. Si el suelo de esta porción de tierra es deficiente en cobre útil u otros microelementos nutri-

tivos, las plantas que allí crecen serán también deficientes y los animales que viven exclusivamente de esas plantas sufrirán las consecuencias.

2.1. Necesidades mínimas de cobre

Diversos especialistas en nutrición animal han llevado a cabo estimaciones cuantitativas (no siempre coincidentes) de la aportación de cobre mínima necesaria para la salud (Underwood* publicó en 1962 un libro bien conocido en el que se discuten con cierto detalle las necesidades de cobre y de otros microelementos nutritivos para el ganado y se indica por qué es tan difícil el acuerdo sobre este tema).

Estas estimaciones se han presentado de dos formas diferentes; una se expresa en partes por millón, haciendo el cálculo sobre peso seco de la ración; la otra en miligramos de cobre que necesita un animal por día. Para los fines de esta publicación podemos referirnos a las cifras que a continuación se exponen, haciendo la salvedad de que sólo se dan a título de orientación general. En ppm de alimento seco, las cantidades mínimas requeridas son: para ovinos y bovinos adultos 5 ppm; cerdos 4 ppm. Para animales en pleno crecimiento las cantidades son algo mayores: para terneros 9 ppm; cerdos jóvenes 8 ppm; corderos 5 ppm; gallinas 4 ppm. Las necesidades diarias son: vacuno 50-70 mg; caballo 50-60; ovejas 10-15 mg; cerdos 10-20 mg. Pero como existe un muy amplio margen de seguridad entre las cantidades mínimas de cobre necesarias y los niveles de toxicidad, así como una marcada idiosincrasia individual entre las necesidades de los animales de apariencia similar para casi todos los constituyentes de la dieta, en la práctica no se debe tomar un mínimo demasiado bajo. Ninguna persona dedicada a la cría de animales domésticos se debe preocupar aunque la dosis sea triple de las citadas, excepto quizás en las ovejas, con las que hay que tener mayor preocupación.

Cuando se sabe que los alimentos más comúnmente usados son pobres en cobre o que se han desarrollado en suelos deficientes en dicho elemento, sin duda será un acierto suplementar las raciones con cobre. Un producto muy adecuado es el sulfato de cobre comercial, que contiene la cuarta parte de su peso en cobre. El cobre ha sido incorporado, quizás por accidente pero no raramente, como constituyente secundario de ciertas piedras de sal para el ganado. Los cerdos en desarrollo se muestran actualmente satisfechos teniendo mucho cobre, hasta 200 ppm, en la dieta, y si se les da oportunidad consumen una ración suplementaria de este contenido mejor que una menos rica en cobre.

Grunau** ha confeccionado una tabla muy útil, en la que se indica el contenido medio de cobre de una gran cantidad de alimentos para el hombre (también incluye ciertos animales).

Como ya se dijo anteriormente, la cantidad de cobre útil para la planta depende del tipo de suelo. Lo mismo ocurre, en menor escala, con el cobre útil de las plantas para la nutrición animal. Recientemente se descubrió una experiencia muy interesante sobre esto en Holanda, donde se observó que el nivel de cobre del ganado alimentado con heno era mejor que el del alimentado con hierba del mismo pasto. En los no rumiantes la digestión libera la mayor parte del cobre ligado a los constituyentes de las plantas, pero la cantidad absorbida del tubo digestivo, incluso si el cobre se presenta en la dieta en estado iónico, representa generalmente sólo una pequeña fracción del de la dieta, mientras que los macroconstituyentes de las plantas se absorben mucho mejor después de la digestión.

*Trace Elements in Human and Animal Nutrition, E.J. Underwood 1971, Academic Press, Londres y Nueva York.

**E.B. Grunau, The Role of Copper in Human Nutrition. Metall No. 2 (1970) pp. 191-196.

2.2. Inocuidad del cobre en la alimentación animal

Ya hemos dicho que existe un amplio margen de seguridad entre la cantidad de cobre necesario para el desarrollo y salud de los animales y la cantidad que empieza a producir síntomas de toxicidad. Durante años, algunos creyeron que incluso pequeñas cantidades de cobre en la dieta humana o animal eran un serio peligro. Sabemos ahora que este punto de vista es totalmente erróneo, aunque, al igual que con otras sales metálicas, un gran exceso de cobre en la dieta de cualquier animal puede ser tóxico. Para bovinos adultos es letal una dosis de 200 a 400 gramos; sin embargo, se observan síntomas de envenenamiento crónico si se administran regularmente cantidades mucho menores. Las ovejas, por alguna razón todavía no muy clara, son mucho más sensibles que los bovinos; la administración de 0,3 g de cobre por semana (es decir 40 mg/día) parece ser suficiente para causar envenenamiento crónico en estos animales en el transcurso de unas semanas; aunque esta cifra es baja está bastante por encima de la cantidad mínima requerida para el normal desarrollo y la producción de lana (10-15 mg por día, como se indicó en 2.1).

Por otro lado, los cerdos de engorde no solamente soportan sino que engordan 8-10% más rápidamente con una adición de cobre de 200-250 ppm por peso seco de dieta. Esto equivale aproximadamente a 0,1% de sulfato de cobre, pero otros compuestos, como el carbonato o el óxido cúprico (muy recomendado en Bélgica), producen efecto similar. La eficacia de la ración también aumenta, en el caso del sulfato, con una media del 5 al 6%. La importancia de estas cifras no necesita publicidad para el criador de cerdos; gran número de cerdos de engorde de ciertos países recibe dietas suplementarias con cobre en las proporciones indicadas*. Con una dieta suplementada con cobre, de este tipo, es aconsejable añadir alrededor de 100 ppm de cinc, preferiblemente en forma de carbonato. En comparación con el ganado porcino, las ovejas son relativamente intolerantes al exceso de cobre y se debe tener mucho cuidado de no dar a las ovejas las raciones suplementadas para cerdos.

En lo referente a la avicultura, en los últimos tres o cuatro años varias estaciones experimentales han demostrado que la adición de cobre a la dieta de los pollos, en proporciones semejantes o ligeramente inferiores a las utilizadas con éxito para los cerdos, puede proporcionar un aumento de desarrollo, aunque el porcentaje medio de incremento es mucho menor que para el ganado porcino y los resultados no son siempre positivos. Parece ser que la composición de la dieta básica tiene cierta importancia. Como resultado de estos hallazgos, los fabricantes de piensos, en un país al menos, añaden hoy, con precaución, cobre a los piensos compuestos para pollos.

Generalmente no es fácil diagnosticar que la causa de un problema en un cultivo enfermizo es la carencia de cobre útil en el suelo. De la misma manera, tampoco es sencillo estar seguro de que un aspecto anormal o al menos los primeros síntomas clínicos en un animal son resultado de una carencia de cobre. En ambos casos, la experiencia es muy útil y el laboratorio puede dar especial ayuda. En lo que se refiere a los animales de granja, los métodos de determinación de este estado carencial incluso antes de que aparezcan los síntomas, están ahora al alcance de cualquier laboratorio bien equipado. Un método desarrollado en los últimos años es la medida del nivel de ceruloplasmina, proteína que contiene 8 átomos de cobre en su molécula, en la sangre. Otro es la determinación de la cantidad de citocromo oxidasa, enzima que contiene cobre, en el tejido hepático; este método requiere una biopsia. En manos expertas, por cualquier método se puede obtener la información que permitirá decidir si es necesario o no un tratamiento para combatir la carencia de cobre de un animal. Con el método de la citocromo-oxidasa es posible diagnosticar carencias de cobre semanas e incluso meses antes de que los síntomas clínicos se hagan evidentes.

*Se ha comprobado que, en el Reino Unido, más del 60% de los 12 millones de cerdos que existen en el país reciben 170-250 ppm de cobre en su alimento.

2.3. Interacción cobre-molibdeno

Se ha observado que algunas veces se presentan lo que parecen ser síntomas de carencia de cobre en ganado alimentado con dietas que analíticamente tienen contenido suficiente de este elemento. Tales casos están generalmente relacionados con el exceso de otro microelemento nutritivo esencial —el molibdeno— en las dietas. Este hecho se descubrió, hace unos veinte años, al observar que la diarrea aguda del ganado que pastaba en ciertos pastos de Somerset (Inglaterra) estaba asociada con un alto nivel de molibdeno en la hierba. Se pudo prevenir satisfactoriamente esta diarrea y volver los animales enfermos a la normalidad mediante la administración diaria directa de sulfato de cobre en una proporción de 2 g por animal. Esta cantidad fue suficiente para contrarrestar el efecto del molibdeno, pero insuficiente para producir síntomas de toxicidad, y los animales pudieron continuar pastando sin más problemas. La investigación ha demostrado luego que la diarrea no era debida a envenenamiento por el molibdeno sino a carencia de cobre inducida por el molibdeno. No se ha establecido todavía la relación exacta entre molibdeno y cobre en la dieta de los rumiantes, pero se sabe que una cantidad anormal de sulfato en la dieta juega un papel importante, al tiempo que recientemente se ha comprobado que, al pH del intestino, los iones de cobre y molibdeno reaccionan para formar molibdato de cobre, biológicamente inutilizable.

2.4. El cobre en la leche

Sorprendentemente, la leche de la mayoría de las especies de mamíferos contiene muy poco cobre, por lo que es conveniente, y costumbre frecuente entre los ganaderos con ciertos conocimientos, añadir pequeñas cantidades de cobre al alimento de los terneros jóvenes, lechones y corderillos que viven de una dieta compuesta principalmente de leche. Esto es aún más importante cuando los animales jóvenes todavía no pastan en campo abierto. Algunos fabricantes de piensos añaden cobre suficiente a sus dietas especiales para ganado joven. Se puede emplear sulfato, carbonato u óxido, siendo este último el más popular. Existe, como ya se ha dicho, un amplio margen de seguridad entre la cantidad de cobre necesaria para el crecimiento y el nivel tóxico.

2.5. Aplicaciones del cobre en Veterinaria

Aunque el tonelaje anual nunca ha sido grande, en el pasado las sales de cobre, especialmente el sulfato, han sido muy usadas en Veterinaria por sus propiedades cáusticas, astringentes, antiparásitas, vermífugas y eméticas. Como cáustico o astringente, el sulfato de cobre, en polvo —generalmente mezclado con otros medicamentos— o cristales finamente divididos, ha sido usado para la aplicación externa a heridas supurantes, contra el reblandecimiento de la palma del casco del caballo, contra la podredumbre de las patas y en el tratamiento de eczemas. En solución diluída (0,5-2,0%) se ha empleado para combatir la conjuntivitis catarral, la queratitis y la endometritis. Internamente se ha administrado como emético a cerdos, perros, gatos y terneros, en dosis apropiadas, para el tratamiento de la diarrea. También se ha aplicado como vermífugo contra tenias, contra la bronquitis verminosa en ovejas y también en el tratamiento de varias actinomicosis.

En el campo de la Veterinaria, parece verosímil que el uso de productos farmacéuticos sintéticos y específicos, que han invadido el campo antes ocupado por los compuestos de cobre, continuará para adelantar relativamente a los últimos a medida que progrese la investigación farmacológica y médico-veterinaria. Esto desde luego es diferente del actual estado de cosas respecto a la salud y nutrición de animales y plantas, donde el cobre es irremplazable y donde su uso aumentará a medida que los conocimientos de economía agrícola y ganadera sean más populares y aumente la intensidad de producción.

3. EL COBRE EN LA PROTECCION DE LAS PLANTAS

Como los méritos del cobre como fungicida vegetal son sobradamente conocidos, no es necesario subrayar el interés alcanzado en el pasado por dicho metal para esta utilización, o describir, ni siquiera en líneas generales, la historia de su adopción y evolución en el tratamiento de las enfermedades de las plantas.

Ha transcurrido casi un siglo desde que Millardet estableció los efectos beneficiosos de las sales de cobre para el tratamiento del mildiu de la vid, y, sin embargo, se puede afirmar que tales preparaciones, a despecho de los progresos de la farmacología agrícola, todavía mantienen su posición preeminente, que no han podido forzar seriamente ni incluso los nuevos y revolucionarios fungicidas endoterápicos.

Un factor que está ayudando apreciablemente a mantener la posición de prestigio de que gozan los derivados de cobre es la aguda ansiedad despertada, tanto desde el punto de vista comercial como del de la salud, por el notorio problema de los residuos de los pesticidas tóxicos.

La mayoría de los insecticidas, y más recientemente los fungicidas, están, de hecho, bajo cautela, debido a su posible efecto tóxico —incluso en muy pequeñas cantidades— sobre los consumidores de alimentos. La última fuente de preocupación, desde este punto de vista, son los fungicidas orgánicos, particularmente los ditiocarbamatos. Las 3 ppm originalmente aceptadas por la Comunidad Económica Europea como límite de tolerancia toxicológica para la mayoría de los compuestos del grupo de los ditiocarbamatos serán probablemente próximamente rebajadas, al menos para algunos de estos productos.

En el caso del cobre —en el actual estado de nuestros conocimientos— no hay temores concernientes a los residuos de pulverización con fungicidas sobre los productos vegetales comestibles. En toda la C.E.E., incluso, son permitidos algunas veces niveles de 50 ppm, al menos para verduras tales como el apio, que requiere una protección fungicida más constante y consistente. Los límites bajan a 25, 15 y 10 ppm para otros vegetales y las frutas, para las que la necesidad de protección es tal que hace posible esta reducción.

En cualquier caso, se puede afirmar sin temor a contradicción que en el hombre los límites de tolerancia toxicológica para el cobre son tan altos que no se producen problemas en su uso para el control parasitológico de los cultivos. Se puede hacer la misma afirmación respecto a los efectos del cobre sobre las propiedades organolépticas de los productos tratados. Desde luego, no produce ni olores ni sabores desagradables, incluso sobre las plantas rápidamente consumidas, como verduras o frutas. El hecho de que las sales de cobre han sido universalmente usadas durante más de medio siglo es la más sólida y segura garantía de que el cobre en la protección vegetal está completamente libre de esos aspectos indeseables.

3.1. Vid

Los preparados de cobre son todavía muy utilizados en la protección de viñas contra las enfermedades, aunque los ditiocarbamatos han reducido considerablemente su importancia como fungicidas en este campo. Todos los líquidos y polvos que contienen cobre, incluso en pequeñas cantidades, son altamente tóxicos para las esporas y micelas del *Plasmopara vitícola* (mildiu), el microorganismo más dañino, con mucho, para esta planta.

Las fórmulas más generalmente usadas son todavía el sulfato de cobre (en forma de caldo bordelés), los oxiclорuros de cobre y de calcio y cobre, el hidróxido de cobre, el carbonato y el óxido cuproso.

Se ha mencionado la disminución del uso de los compuestos de cobre como resultado del continuo aumento de importancia de los ditiocarbamatos. La sustitución de preparados de cobre por derivados de ditiocarbamatos se debe atribuir principal-

mente a los efectos depresores y fitotóxicos que aquéllos producen en las plantas y que se manifiestan en la inhibición del crecimiento, y, particularmente en épocas de gran humedad, en el agostado de hojas y uvas y en la caída de flores y frutos. Los fungicidas orgánicos, sin embargo, aunque permiten un desarrollo más vigoroso, confieren una protección mucho menos duradera.

Las mezclas de los dos tipos de fungicidas, los llamados compuestos cupro-orgánicos, combinan las ventajas de los fungicidas orgánicos con las de los compuestos de cobre y eliminan la mayoría de las desventajas de ambos. Generalmente, la cantidad de cobre contenida en dichos preparados mixtos no es tan grande como para tener un efecto desfavorable sobre el desarrollo de las plantas, mientras que al mismo tiempo conserva la persistencia, que es la ventaja del cobre.

Actualmente se ha alcanzado una especie de equilibrio entre el consumo de las tres clases de fungicidas (cobre, ditiocarbamatos y sus mezclas) y los procedimientos más corrientes para el control del mildiu de la vid se pueden resumir en los siguientes tres programas de actuación:

- Los fungicidas cupro-orgánicos se usan durante todo el ciclo vegetativo de la vid, excepto en la floración;
- Los fungicidas orgánicos (principalmente el Zineb) se aplican con una gradual transición a los productos de cobre (especialmente el caldo bordelés) en los tratamientos de "cierre";
- Los productos orgánicos son utilizados durante el ciclo vegetativo completo, si las viñas muestran un desarrollo anormalmente lento.

Entre los productos que sustituyen al cobre los más importantes son los ditiocarbamatos, especialmente el Zineb y el Zireb, así como los más recientes Polyram, Comby, Antracol y Mancozeb. También algunas ftalimidas, tales como Phaltan y Difolatan, parecen haber sido muy utilizadas últimamente, sobre todo porque presentan un buen efecto suplementario contra el *Botrytis cinerea* (moho gris).

No obstante, las recientes fórmulas cupro-orgánicas están ganando amplia aceptación porque, como se dijo anteriormente, son altamente efectivas contra el mildiu, debido a la rapidez de acción de los ditiocarbamatos y al efecto persistente del cobre. Los resultados de las últimas investigaciones indican que el uso de sales de cobre sin mezcla quedará limitado a pulverizaciones en verano o al tratamiento de "cierre".

Con respecto al uso de los preparados de cobre contra las demás importantes enfermedades fúngicas de la vid son válidas la mayor parte de las consideraciones efectuadas para el *Plasmopara vitícola*. El *Botrytis cinerea*, responsable del perturbador y ahora ubicuo moho gris, está siendo eliminado con el uso de los fungicidas orgánicos mencionados antes —Phaltan, Difolatan y Euparen— y por los nuevos fungicidas endoterápicos, Benlate y Tiofanate, que simultáneamente proporcionan protección a las vides contra el ataque del mildiu, el moho gris y, según algunos, incluso el oidio (*Uncinula necator*).

3.2. Frutales de pepita

En la protección de los frutales de pepita, como en el caso de las vides, la tendencia actual es hacia un uso de los productos de cobre mucho más limitado que en el pasado próximo.

En el control de la *Venturia inaequalis* ("roña" o "moteado" de las manzanas), en particular, solamente se emplean ampliamente preparados de cobre en las primeras dos o tres aplicaciones, antes de la época de floración. Desde esta etapa los compuestos de cobre, por su efecto fitotóxico, están siendo reemplazados por

compuestos orgánicos del grupo del ditiocarbamato (entre ellos Zineb, Zireb, Antracol y Polycram Comby) y las ftalimidias Captan y Phaltan. No obstante, el Gliodinae está comenzando a ser preferido a éstos.

En los últimos años, se ha perfeccionado técnicamente el uso de algunos nuevos productos que pertenecen al grupo del bencimidazol (Benlate y Tiofanate). Son muy activos desde los puntos de vista preventivo y terapéutico, y tienen un amplio y efectivo campo de aplicación. Estas y otras propiedades relacionadas de los nuevos productos para protección vegetal puede centrar la atención de la comunidad hortícola sobre ellos, y es probable que pronto se empleen en gran escala, especialmente por su alto nivel de actividad contra el mildiu. Aunque las previsiones a largo plazo son siempre peligrosas y pueden resultar erróneas en un campo de tan rápida evolución como es la protección vegetal, se cree que el uso de los productos que contienen cobre continuará en los estados de prefloración, mientras que, más pronto o más tarde, el tratamiento en las fases inmediatamente anterior a la prefloración y post-floración será monopolio de los nuevos preparados, con sus uniformes propiedades endoterápicas.

Respecto al control del *Nectria galligena*, el agente que produce el cáncer de la manzana y la pera, los productos que contienen cobre todavía gozan de la preferencia de técnicos y fruticultores. Aplicados sobre los árboles desnudos, en otoño e invierno, los preparados de cobre resultan favorecidos por su alto grado de actividad y su efecto residual.

Finalmente, para el control de las diversas especies de *Sclerotinia* que ataca a los frutales de pepita, mientras, desde luego, las fórmulas de cobre usadas en la prefloración siguen siendo efectivas, se puede decir que estos parásitos son mantenidos bajo control por los productos de catálogo para pulverización, aplicados ahora como protección contra la roña del manzano. En los casos de ataque agudo en el período de post-floración, los productos más usados hoy, aparte de los que contienen cobre, son los orgánicos TMTD, Allison y Ziram. En la protección de los frutales de pepita contra las enfermedades bacterianas el cobre ha mantenido intacta su ventaja de efecto rápido. Las preparaciones de cobre son todavía el mejor método de prevención y cura contra las bacterias patógenas.

Entre los sustitutos de los productos de cobre se pueden citar ciertos antibióticos, entre ellos la agromicina, la terramicina y la estreptomina, pero, aunque son muy activos, no pueden gozar de mucho favor por el momento a causa de su costo, prohibitivo para fines de protección vegetal.

3.3. Frutales de hueso

Lo dicho anteriormente respecto a manzanos y perales se puede reafirmar en relación con el control del cáncer bacteriano de los frutales de hueso (*Pseudomonas morsprunorum*). Las pulverizaciones preventivas con caldo bordelés, durante e inmediatamente después de la caída de la hoja, son efectivas contra este agente patógeno.

Respecto al control de las demás enfermedades criptogámicas que afectan a los frutales de este grupo se debe resaltar que los compuestos de cobre han dado paso casi por completo a los fungicidas orgánicos. La disminución en el uso de preparados de cobre se puede achacar a la gran susceptibilidad de los frutales de hueso a los efectos fitotóxicos del cobre. Los fungicidas actualmente más utilizados para la protección de frutales de hueso son el Ziram, TMTD, Captan y Phaltan, que atacan principalmente al *Coryneum beijerincki*, responsable de la "perdigonada" del melocotón, y al *Taphrina deformans*, que causa la "lepra" de las hojas del melocotonero y otros frutales de este tipo

Los compuestos de cobre, especialmente el caldo bordelés, todavía se usan para la protección de albaricoqueros contra el *Fusicoccum amygdali*, que causa el cáncer

de la corteza. No obstante, las pulverizaciones a base de compuestos de cobre sobre los árboles desnudos durante el período de descanso vegetativo tienden a ser sustituidas por el uso de fungicidas orgánicos. Entre éstos, el más ampliamente utilizado es el Captan, con el que se obtienen resultados similares a los obtenidos con el caldo bordelés. Además, con el uso del Captan, se evita el riesgo de dañar a los árboles si se producen descensos repentinos de temperatura. En la práctica, para el control de las varias especies de *Monilia* que atacan a los frutales de hueso los productos de cobre también han sido completamente abandonados a favor de las fórmulas orgánicas Ziram y TMTD.

El resumen de la situación sobre el uso de productos de cobre para el control de las enfermedades fúngicas de los frutales de hueso es que su uso se ha abandonado mucho debido a su efecto fitotóxico sobre el follaje, al que los árboles de este grupo son particularmente susceptibles. Continúan, sin embargo, siendo usados para el control de enfermedades bacterianas de las plantas. En este sector, los únicos preparados que en teoría pueden desplazar de su posición a los compuestos de cobre son los antibióticos, que sufren, no obstante, de las serias limitaciones ya mencionadas.

3.4. Nogales y avellanos

El problema más importante en la protección de estos árboles contra los agentes patógenos es el control de la enfermedad bacteriana causada por el *Xanthomonas juglandis*. Por el momento, los fungicidas más ampliamente utilizados contra esta enfermedad son los compuestos de cobre; el uso de antibióticos, por las razones ya citadas, está fuera de lugar.

Además, los compuestos de cobre ejercen un marcado efecto sobre las ronchas de la nuez, producidas por el microorganismo *Marsonnina juglandis*.

3.5. Cítricos

El cobre continúa representando un papel de importancia primaria en la protección de los cítricos contra las enfermedades fúngicas. La naturaleza especial de los organismos responsables de dichas enfermedades en estas plantas (especialmente el "mal seco"), la alta tolerancia para el cobre de los cultivos de cítricos y su efecto residual duradero sobre los órganos de la planta se combinan para crear una posición claramente favorable para el uso del cobre como protector. En las explotaciones de cítricos se utiliza principalmente en forma de oxiclورو y caldo bordelés, aplicado a intervalos de un mes durante el período comprendido entre el reposo vegetativo y la prefloración. La actividad de los compuestos de cobre es típicamente preventiva, especialmente para evitar la propagación de:

- *Deuterophoma tracheiphila*, agente causante del "mal seco" de los cítricos.
- *Phytophthora citrophthora*, que causa la "podredumbre parda" de los cítricos y también infecciones bacterianas ("marchitez") debidas al *Pseudomonas syringae*.

Entre los productos orgánicos que pueden competir con el cobre en este sector se puede mencionar el Ziram, un ditiocarbamato con mayor efecto residual que los otros fungicidas de su grupo. En algunos casos, este compuesto orgánico está desplazando a los compuestos de cobre en el control de enfermedades fúngicas durante el período de post-floración.

También aquí es difícil hacer previsiones a largo plazo. Sin embargo, la estabilidad de la magnitud en que recientemente se han empezado a efectuar pulverizaciones con compuestos de cobre y sus sustitutos, para la protección de las explotaciones de cítricos contra los ataques fúngicos, parece indicar que se ha encontrado

un equilibrio estable entre las dos clases de fungicidas. Este equilibrio podría continuar durante largo tiempo, dadas las actuales condiciones técnicas y económicas. En nuestra opinión, la posición privilegiada que ocupa de momento el cobre en los programas de protección a cítricos sólo podría cambiar por variaciones apreciables de precio o la aparición de nuevos productos orgánicos con efecto residual especialmente persistente, acción selectiva o amplio espectro de actividad.

3.6. Olivos

Las consideraciones y conclusiones deducidas en el caso de los cítricos se pueden aplicar teóricamente a la protección de los olivos. Los productos que contienen cobre se emplean ampliamente para controlar el *Cyloconium oleaginum*, responsable del "repilo" del olivo. El número de aplicaciones necesarias depende mucho de la frecuencia de las lluvias. En cualquier caso, los productos de cobre están favorecidos por su mayor efecto residual, porque, en conjunto, proporcionan más garantía de protección que los ditiocarbamatos y también porque son activos contra el "moho negro" (fumagina).

3.7. Fresal

Los productos con cobre se emplean todavía en el cultivo de las fresas para el control del *Mycosphaerella fragariae* ("viruela"), pero hay una tendencia, no muy rápida por el momento, a sustituirlos por productos cupro-orgánicos, particularmente fórmulas basadas en los Zineb, Captan y Phaltan. La pulverización destinada a controlar los microorganismos mencionados también es eficaz contra el *Marssonina fragariae*.

Para el control del *Botritis*, los productos de cobre han sido definitivamente sustituidos por agentes orgánicos específicos, tales como TMTD, Difolatan, Phaltan y Euparen, que dan mucho mejor resultado, aunque no se puede ignorar la toxicidad para el hombre de estos productos de protección vegetal, y resulta esencial el cuidado y observación de los límites de tolerancia establecidos por las autoridades sanitarias.

En relación con este cultivo, no se pueden hacer predicciones no sujetas a posibles contradicciones con la realidad. No obstante, es probable que la maduración rápida del fruto tienda a excluir el uso de fungicidas orgánicos, puesto que, como éstos no se pueden degradar en unos pocos días, terminarán inevitablemente en la mesa del consumidor, con grave peligro para su salud. Sin embargo, en los campos de fresales se requieren una serie de tratamientos antes del período de floración y después de la recolección, en que se pueden observar los requisitos sanitarios elementales. En conjunto, el cobre parece el fungicida ideal, dado que, por una parte, es de baja toxicidad para el hombre y, por lo tanto, no crea situaciones peligrosas para la salud, y, por otra, la persistencia característica de su efecto residual significa que su actividad fungicida se mantiene durante mucho tiempo. Estas consideraciones sugieren que no sólo no es probable que el cobre sea sustituido por los productos orgánicos en los fresales sino que, por el contrario, si se endurecen las normas sanitarias que regulan el uso de fungicidas orgánicos, fortalecerá su situación de preeminencia.

* * *

Pasando a los principales cultivos herbáceos atacados por hongos susceptibles a los efectos tóxicos del cobre, trataremos ahora de:

- remolacha azucarera;
- remolacha forrajera;
- apio
- patatas y tomates (solanáceas).

3.8. Remolacha azucarera

En el control del *Cercospora beticola*, que causa la enfermedad fúngica más importante de la remolacha (punteado de la hoja), los preparados de cobre han sido desplazados por los derivados orgánicos del zinc (trifenilacetato y trifenílhidróxido de zinc, Brestan y DU-ter) que han permitido la reducción del número de tratamientos necesarios para controlar los hongos. Desde la aparición de los compuestos orgánicos de zinc, los compuestos de cobre se han usado principalmente para la última aplicación antes de recoger las raíces, pues el marcado efecto residual y la toxicidad de los compuestos orgánicos de zinc imposibilitan la utilización de las hojas y cabezas de remolacha para alimentación del ganado.

Un descubrimiento muy reciente en este sector es el uso de derivados de benzimidazol (TBZ, Benlate y Tiofanate) que combinan un bajo nivel de toxicidad (en cualquier caso marcadamente más bajo que el de cualquier compuesto de zinc) con otras características importantes, pues tienen buena duración, buenas cualidades de resistencia a los agentes atmosféricos, gran actividad desde el punto de vista preventivo y curativo y muestran algunas propiedades endoterápicas. No obstante, es demasiado pronto para afirmar que la protección contra el punteado de las hojas de la remolacha será confiada cada vez más, en el futuro, a productos de este tipo.

3.9. Apio

En el control de las enfermedades producidas por el *Septoria* en el apio también los compuestos orgánicos han ocupado parcialmente el lugar de los compuestos de cobre. Los sistemas de control más racionales, ahora invocados y aplicados, exigen sin embargo el uso de derivados del cobre, al menos en las fases iniciales y para el tratamiento de las plantas de semillero. A medida que se aproxima la época de recolección, los compuestos de cobre son sustituidos algunas veces por otros agentes protectores, entre los que se pueden mencionar Daconil, Allison y Difolatan, y también Benlate y Tiofanate, que ejercen un marcado efecto curativo contra el hongo, cuando éste ya ha atacado a la planta.

Respecto al apio, es ciertamente prematuro prever que el uso de los compuestos de cobre disminuirá en favor de los productos orgánicos, especialmente los de acción endoterápica. Por el contrario, los productos con cobre en forma de oxiclóruros y sulfatos continúan siendo muy utilizados para controlar las enfermedades bacterianas a las que el apio está sometido.

Para este fin, los planes más estudiados recomiendan una serie de tratamientos basados en el uso alternado de los productos orgánicos ya mencionados y de los derivados del cobre. Así, es posible obtener un efecto satisfactorio sobre las enfermedades bacterianas que afectan al apio.

3.10. Solanáceas

Para proteger las solanáceas, en especial la patata y el tomate, todavía se utilizan mucho los productos que contienen cobre. Especialmente los esfuerzos para controlar el "negrón temprano" (*Phytophthora infestans*) suelen emplear un programa que recomienda fungicidas orgánicos (ditiocarbamatos) para los dos primeros tratamientos, seguidos por una serie de tratamientos con fungicidas cupro-orgánicos (cobre Zineb, cobre Maneb y cobre Mancozeb). No obstante, cuando el ataque del negrón alcanza proporciones alarmantes y cuando se teme que se extienda y afecte también a los tubérculos, se aplica generalmente sulfato de cobre puro con propósitos preventivos y curativos. Un programa con estas líneas de acción proporciona también un control efectivo de la enfermedad de la patata producida por el "negrón tardío" (*Alternaria solani*).

Las consideraciones establecidas anteriormente son también aplicables a la protección de los tomates contra *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* y *Septoria lycopersici*.

3.11. Arroz

El sulfato de cobre se ha usado y todavía se usa como algicida, aunque no universalmente, en el cultivo del arroz. La investigación más reciente en este campo ha abierto el camino al empleo de derivados orgánicos del zinc (principalmente Brestan). Sin embargo, la toxicidad de este último grupo de compuestos ha creado serios problemas de salud pública, derivados de su uso en el agua. La reciente comprobación del daño producido por plagas de moluscos y la probada eficacia molusquicida de nuevos compuestos de cobre abren las puertas al uso continuo de éstos como parte integrante de las técnicas de cultivo del arroz, sin peligro de producir cambios peligrosos en el equilibrio ecológico o de crear temores en relación con la contaminación del medio ambiente en general, y del agua en particular, especialmente cuando se crían peces en los arrozales.

3.12. Cultivos tropicales

Los principales cultivos tropicales atacados por gérmenes patógenos que pueden ser controlados por aplicación de compuestos de cobre son, por orden de importancia: Café, Cacao y Plátanos.

La amplia gama de condiciones climáticas y ambientales existentes en los países donde se cultivan estas plantas hace necesario aplicar programas de tratamiento que difieren en dosis y frecuencia, por lo que es imposible estimar las cantidades de fungicidas usados, excepto por medio de investigaciones concretas en medios particulares.

No obstante, en términos generales, se puede decir que en los países tropicales, especialmente en África, los fungicidas más usados son los compuestos de cobre, que todavía mantienen la delantera sobre los ditiocarbamatos, sus principales sustitutos.

Después de este breve prólogo, la situación en relación con la protección de los diversos cultivos se puede resumir como sigue:

3.12.1. Café

Los productos que contienen cobre son universalmente usados contra el *Hemileia vastatrix* (tizón) y el *Pellicularia kaleroga*. Estos agentes patógenos se controlan con una mezcla de Burgundy al 2% y otros productos que contienen cobre. El número de tratamientos depende de las condiciones climatológicas en el área de cultivo. No obstante, las operaciones de control comienzan generalmente en la segunda mitad de febrero y los programas difieren de zona a zona. La inocuidad y alto grado de actividad de los productos que contienen cobre contra estos agentes fitopatógenos les proporciona una posición favorable respecto a otros fungicidas. La situación es algo diferente en lo que respecta a otros agentes patógenos, tales como el *Colletotrichum coffeanum* (causante de la enfermedad del grano de café) y el *Cercospora coffeicola* (causante del "punteo de ojo pardo") y las diversas especies, pertenecientes al género *Phoma*, que atacan a los cafetales.

Los compuestos de cobre son muy usados todavía contra el *Colletotrichum coffeanum*, pero sólo son parcialmente eficaces y tienden a ser sustituidos por el Difolatan, que ha producido mejores resultados, especialmente en Kenia. Finalmente, el uso de ditiocarbamatos para controlar la *Cercospora coffeicola* está haciendo notables progresos.

3.12.2. Cacao

Los agentes patógenos más peligrosos que atacan este cultivo son el *Phytophthora palmivora* (que produce la "vaina negra"), el *Corticium salmonicolor* y el *Botryodiplodia theobromae* (que causa la "apoplejía"), que se suelen controlar casi en todas partes por medio de productos que contienen cobre, en forma de caldo bordelés y óxido y oxiclورو de cobre; el número de aplicaciones varía con las condiciones climatológicas. Recientemente se han efectuado esfuerzos notables en la investigación de protección vegetal con vistas al desarrollo de nuevos productos orgánicos que ocupen el lugar de los derivados del cobre. A pesar de ello, sólo en unos pocos países, como Costa Rica y Nigeria, el cobre ha sido reemplazado por compuestos orgánicos del grupo de los ditiocarbamatos, especialmente Dithane, Zimeb y Fermate.

3.12.3. Plátanos

El germen patógeno más alarmante en los plátanos es indudablemente el *Mycosphaerella musicolla* (*Cercospora musae*), causante de la "enfermedad de Sigatoka", que acumula todo el interés del cultivo desde el punto de vista de protección vegetal. En la actualidad se usa, en todas partes, contra esta plaga un compuesto cupro-orgánico, Cuivral, que está produciendo resultados excepcionalmente buenos, habiendo sustituido casi por completo a los oxiclورuros y óxidos de cobre, y al caldo bordelés.

Los repetidos esfuerzos para introducir los ditiocarbamatos en la protección vegetal de los plátanos han progresado poco contra los brillantes resultados obtenidos con este compuesto "mixto" de cobre.

3.13. Aspectos cuantitativos de la utilización del cobre en la protección vegetal

El profesor Ferdinand Beran ha dado datos extensivos, cubriendo una gran parte del mundo, en "Cuprum pro Vita" pp. 19-22.

3.14. Conclusiones

Las razones que, en nuestra opinión, pueden justificar en los medios tropicales de Asia y Africa un uso tan amplio de productos que contienen cobre se deben atribuir a las condiciones meteorológicas y climatológicas que dominan en dichas zonas.

Es obvio por qué, en tal situación, el cobre, que en los continentes citados es todavía el principal fungicida y ha dado nombre a una época de la historia de la protección vegetal, goza de una inmensa ventaja sobre los demás fungicidas.

No obstante, está fuera de duda que una mejora en las condiciones generales y en la reorganización particular, y un incremento en la eficacia de la investigación sobre protección vegetal y en la publicidad, y, sobre todo, en la comercialización activa de nuevos productos, pueda producir cambios, actualmente impredecibles, en la aplicación.

4. POSIBLE CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE

El constante incremento en el empleo de compuestos de cobre en agricultura y zootecnia y su uso continuo en protección vegetal ha hecho nacer en algunas mentes la idea de que la posibilidad de contaminación del medio ambiente, o de algunos medios locales, por esta causa, está solo a uno o dos pasos. Esta preocupación está quizá parcialmente basada en la vieja idea de que el cobre es seriamente peligroso para los organismos vivientes, idea que es cierta en cuanto a organismos tales como bacterias, algas, hongos parásitos o moluscos, pero no lo es para las plantas, los animales de granja o el hombre. Aquí, como ya se ha dicho, para alcanzar un nivel potencialmente dañino, el cobre tiene que estar presente en el suelo o en la dieta en cantidad varias veces mayor que el mínimo requerido como microelemento nutritivo. No obstante, es interesante hacer una breve consideración del cobre como posible contaminante.

En lo que se refiere a lo que se puede llamar contaminación "natural", indudablemente existen regiones donde el contenido natural de cobre del suelo es suficientemente alto para producir síntomas tóxicos en los pastos (con posibles efectos perjudiciales sobre los animales que los consumen) o, incluso, para impedir totalmente la vida vegetal. Estas regiones son afortunadamente pocas, con una superficie total relativamente pequeña. Un ejemplo típico donde los pastos crecen sobre un suelo con alto contenido de cobre es el valle de Lachlan, en Nueva Gales del Sur (Australia). Esta región fue explorada en los años cuarenta y se realizaron numerosas investigaciones para aclarar la causa de la ictericia toxémica de las ovejas, que aparecía tras pocas semanas o meses de su pasto en ella, muriendo muchos animales con alto contenido de cobre en el hígado, procedente del consumo de plantas que habían absorbido una cantidad anormal de cobre del suelo. Se han obtenido resultados similares en otras partes de Australia y en otros países. Menos "naturales" son los depósitos de residuos de las actuales o antiguas minas de cobre, las escorias de las industrias donde se tratan las menas, y los suelos de pequeñas zonas próximas a las industrias transformadoras de cobre, cuyo contenido de cobre es demasiado alto para el crecimiento de la vegetación. Cuando sea deseable o necesario recuperar estas pequeñas zonas limitadas para su uso agrícola es necesario consultar a un técnico en suelos. Este puede sugerir que el método, satisfactorio pero caro, a emplear es el utilizado antiguamente para recuperar para la agricultura los terrenos destinados a explotaciones de carbón. Pero en el futuro, a medida que sea más eficiente la extracción del cobre de las minas, será menor el contenido de metal en los residuos y disminuirá la contaminación de este tipo.

4.1. Otra contaminación creada por el hombre

Hay otro peligro de contaminación, quizá más teórico que práctico, en los terrenos y pequeños arroyos próximos a las grandes explotaciones porcinas donde se utilizan alimentos enriquecidos con cobre, debido al cobre eliminado en los excrementos. Se sabe que la mezcla de excrementos procedentes de las cochiqueras es un buen fertilizante, debido sobre todo a su contenido en N y P, y generalmente se emplea en los campos próximos o en las granjas vecinas. Cuando se utilicen mezclas que contengan cobre el granjero debe tomar la precaución de extender estas materias sobre una superficie razonablemente extensa, lo mismo que se debe hacer si se utiliza como fertilizante. Una experiencia en la que se hicieron análisis de cobre ha mostrado que la cantidad de éste añadido al suelo, usando la mezcla de excrementos de la manera indicada, es tan pequeña que apenas afecta su contenido. Indudablemente, si las aplicaciones de cobre se efectuaran durante largo tiempo en la misma zona, el contenido de cobre del suelo aumentaría perceptiblemente, pero el contenido medio de cobre del suelo, 15-20 ppm, ha de ser muy elevado, como ya se ha visto, para que en las plantas agrícolas se muestren efectos nocivos. Además, aunque lenta, hay una pérdida continua de cobre desde la superficie del suelo, por lavado, penetración a capas más profundas y exportación en las cosechas. Un sencillo cálculo muestra que, considerando las cantidades medias de cobre en los excrementos y otros factores cuyos efectos se pueden predecir, una mezcla de este tipo se puede aplicar como fertilizante a una superficie razonable de terreno laborable, cuya exten-

sión sea proporcional al contenido de macroelementos nutritivos (N, P) de la planta, sin que se muestren los más mínimos daños al cultivo debidos al cobre útil aportado y con muy pequeño riesgo de contaminación de las aguas locales. De hecho el cobre añadido al suelo sólo será beneficioso para la salud de la cosecha y para la producción si el contenido inicial de cobre del suelo está próximo a los requisitos mínimos para el desarrollo normal de las plantas.

Hay un riesgo remoto que podría acompañar al uso agrícola del cobre cuando se emplea regularmente en pulverizaciones con caldo bordelés (o preparados similares actualmente en el mercado, que contienen cobre y con ciertas ventajas sobre éste) en los viñedos, o para la protección de otras plantas que, como las viñas, permanecen durante años sobre el mismo terreno. Gran cantidad del cobre empleado en las pulverizaciones llega eventualmente al suelo y se podría acumular hasta alcanzar un nivel fitotóxico. El número de años necesarios para que esto realmente ocurriera depende en parte del contenido de cobre original del suelo, en parte de la técnica de pulverización utilizada y también de la cantidad de cobre exportada en la cosecha, las hojas, las podas y las malas hierbas, y aún más de la intensidad del lavado, que en pendientes o suelos bien drenados no será pequeña. En la práctica, aún en el caso excepcional de las viñas, que permanecen durante mucho tiempo en la misma parcela y se rocían regularmente durante muchos años sin presentar síntomas tóxicos, se ha exagerado el peligro de toxicidad. Además, un informe bastante reciente muestra que la aplicación de sulfato de cobre en proporciones tan altas como 100-150 kg/ha (expresados como Cu), que darían un aumento de la concentración inicial de cobre en la capa arable de 50-75 ppm, es bien tolerada, no solo por la vid sino también por el tomate, la remolacha azucarera y la espinaca.

No hay que olvidar, sin embargo, que las ovejas son algo más sensibles al cobre. Se han hecho informes ocasionales sobre ovejas que pastando en viñedos han mostrado síntomas tóxicos, y es bastante probable que las plantas que crecen en esos suelos ricos en cobre asimilen suficiente cantidad de éste como para producir en las ovejas los síntomas citados, si dichas plantas han sido su alimento exclusivo durante un período de tiempo apreciable. Aquí entra en juego otro factor: la cantidad de molibdeno que al mismo tiempo esas plantas han tomado del suelo. La relación cobre: molibdeno en el pasto, que, como regla, refleja la del suelo en que crece, tiene mayor importancia en la aparición de síntomas tóxicos en el animal que pasta, cuando la incorporación de cualquiera de estos dos microelementos nutritivos sea extraordinariamente alta (ver apartado 2.3.). Este antagonismo todavía no ha sido completamente explicado; es muy complejo, y, además de las concentraciones relativas de los dos metales, entran en juego otros factores.

APENDICE

1. Generalidades

En la tabla se exponen los datos referentes al mercado de sales de cobre durante el año 1969 en algunos países. La información ha sido suministrada por los Centros del Cobre locales.

Se ha intentado desglosar el consumo de estos compuestos, subdividiéndolo en las principales formas de utilización. Por desgracia, debido a la falta de estadísticas adecuadas, es imposible tabular los datos obtenidos. La información disponible es la siguiente:

2. Consumo de compuestos de cobre durante 1969, subdividido por usos finales

	Compuestos Cu t (1)	Cu contenido t (1)
2.1. BRASIL		
Fungicidas	1 700	725
Aplicaciones industriales	2 226	664
Alimentación animal	64	52
Fertilizantes	46	12
Protección de la madera	25	12
Total	4 061	1 465
2.2. BELGICA		
Fungicidas	10	2,5
Aplicaciones industriales	480	120
Alimentación animal	800	200
Fertilizantes	40	10
Protección de la madera	—	—
2.3. CHILE		
Fungicidas	125	54
Aplicaciones industriales	78	20
Alimentación animal	10	2
Fertilizantes	—	—
Protección de la madera	95	24
2.4. FRANCIA		
2.4.1. Sulfato de cobre		
Fungicidas		46%
Aplicaciones industriales		9%
Alimentación animal		10%
Exportaciones (todos los usos)		35%
Total		100%

(1) Toneladas métricas

2.4. FRANCIA (continuación)

2.4.2. Oxicloruros Fungicidas	100%
2.4.3. Oxidos de cobre Producción de sales de cobre Galvanoplastia	90% 10%

Cu contenido
t (1)

2.5. ALEMANIA

Fungicidas	4 700
Aplicaciones industriales	2 300
Pinturas protectoras	205
Catalizadores	500
Industria química	1 345
Alimentación animal	900
Fertilizantes	500
Protección de la madera	85

2.6. INDIA

Se han usado, en 1969, 450 toneladas métricas de compuestos de cobre para protección de la madera.

Compuestos Cu	Cu contenido
t (1)	%

2.7. SUIZA

Fungicidas:	38	57
	245	25
Aplicaciones industriales	130	57
	345	25
Alimentación animal	22	25

Sulfato Cu
t (1)

2.8. U.S.A.

Aplicaciones agrícolas	19 083
Aplicaciones industriales	23 772

(1) Toneladas métricas

MERCADO DE SALES DE COBRE EN ALGUNOS PAISES DURANTE 1969

TONELADAS METRICAS

PAIS	SULFATO					OXICLORURO					OTROS				
	Producción	Importación	Exportación	Consumo aparente	Cont. med. %	Producción	Importación	Exportación	Consumo aparente	Cont. med. %	Producción	Importación	Exportación	Consumo aparente	Cont. med. %
ALEMANIA	8100	4886	1017	11969		6200	180	1929	4451	51	2780	45	1534	1291	86
ARGENTINA	620	n.d.	n.d.	n.d.	25	700	n.d.	n.d.	n.d.	50	200	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
AUSTRALIA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	—	508	18	—	526	58	51	760	—	811	n.d.
AUSTRIA	1104	78	691	491	25	88	n.d.	n.d.	n.d.	56	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BELGICA	6900	200	5700	1400	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BRASIL	310	2236	—	2546	25	—	1200	—	1200	50	80	235	—	315	70
CHILE	1388	—	1168	220	25	806	—	699	107	58	110	3	86	27	86
ESPAÑA	3700	2650	251	6099	24.5	1500	77	—	1577	57	500	197	—	697	—
FRANCIA	16238	908	4711	12435	25	12391	521	2191	10721	57	4703	450	9	5144	35
HOLANDA	n.d.	3107	134	n.d.	25	n.d.	74	n.d.	n.d.	57	n.d.	560	n.d.	n.d.	n.d.
INDIA	2168	—	—	2168	24.5	395	—	—	395	58	492	—	—	492	22
ITALIA	16265	3225	626	18864	25	12838	4237	—	17075	16	500	262	83	779	86
JAPON	18745	—	450	18295	25	—	—	—	—	—	5660	—	125	5435	75
MEJICO	7900	—	—	7900	32.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	130	—	—	130	86
REINO UNIDO	18000	—	7600	8400	25	3500	n.d.	700	2800	57	500	n.d.	n.d.	500	70
SUECIA	5400	491	561	5330	25	—	n.d.	—	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
SUIZA	1390	527	1304	613	25	718	40	590	168	57	63	—	51	12	45
U.S.A.	45867	11465	2095	55237	25	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.= Datos no disponibles

FUENTES: CENTROS NACIONALES DE DESARROLLO DEL COBRE



GLOSARIO

Ataxia congénita	(Desviación de la columna) Enfermedad, normalmente letal, que afecta a los corderos nacidos de madres alimentadas con dietas deficientes en cobre.
Actinomicosis	Enfermedad del ganado (o del hombre) causada normalmente por microorganismos del género <i>Streptothrix</i> .
Astringente	Que causa contracción o aproximación de las membranas mucosas u otros tejidos.
Caústico	Que parece quemar o ennegrecer los tejidos.
Cloroplasto	Orgánulo diminuto contenido en las células verdes de las plantas que realizan la fotosíntesis.
Endometritis	Inflamación de la membrana que recubre el útero.
Estíptico	Antihemorrágico.
Hematopoesis	Formación de glóbulos rojos. Algunas veces se utiliza para denominar la formación de sangre.
Organoléptico	Relativo al sabor o al olor.
Palma del casco	Zona sensible del casco del caballo.
Pulverización foliar	Pulverización sobre las hojas de plantas o árboles.
Queratitis	Inflamación de la córnea del ojo.
Vermífugo	Que destruye o elimina las lombrices intestinales.

- Asociación Mexicana del Cobre, A-C
Av. Sonora, 166-1º
México-11 D.F.
MEXICO
 - Centro Argentino de Información del Cobre
Sarmiento, 580-3º
Buenos Aires
ARGENTINA
 - Centro Español de Información del Cobre
Capitán Haya, 34-1º D
Madrid-20
ESPAÑA
 - Centro de Promoción de Usos del Cobre
Moneda, 1137
Santiago-1
CHILE
-