

CONSIDERACIONES SOBRE EL CARBÓN Y LA CARIE DE LOS CEREALES

Muy a menudo se lee en comunicaciones oficiales y no oficiales, que el carbón, la carie, y el polvillo ocasionan en los cereales, especialmente en el trigo, avena y maíz efectos desastrosos, produciendo en las cosechas mermas que se elevan de un décimo hasta un tercio, y aún hasta la mitad de la producción total, según mayor o menor intensidad de la enfermedad en un año dado; al mismo tiempo se aconseja al agricultor "sulfatar" la simiente como medida eficaz y segura.

Por otra parte, se acusa frecuentemente al agricultor de ser culpable de tan elevadas pérdidas en las cosechas por su negligencia y excesiva comodidad al efectuar la siembra, porque aparentemente no ha efectuado el sulfataje de la simiente, vale decir, que no ha aplicado el santo remedio contra la mayoría de las enfermedades criptogámicas de los cultivos industriales. Y si el agricultor, en propia defensa, alega que ha ejecutado concienzudamente todas las indicaciones de la ciencia oficial sin haber conseguido conjurar las pérdidas en la producción esa misma ciencia oficial le demuestra sin vacilación lo contrario, valiéndose de una interpretación arbitraria de fenómenos biológicos del vegetal, de fenómenos meteorológicos y de reacciones químicas a que el grano está expuesto ya sea en el remedio ya sea en el suelo.

Las siguientes líneas tienen por objeto aclarar conceptos y justipreciar las medidas indicadas por una parte y efectuadas por otra, lo que permitirá también establecer responsabilidades.

Empezaremos por decir que los hongos criptogámicos causantes del carbón y de la carie, pertenecen al género *Ustilago* y *Tilletia* respectivamente y ambos al orden Ustilagineas. Anteriormente se consideró que el carbón de los cereales era causado por un solo hongo denominado *Ustilago Carbo D. C.* Hoy sabemos que el carbón se origina por varias especies de hongos que son:

En el trigo	<i>Ustilago Tritici</i>
» la avena	: <i>Avenae</i> y <i>Ust. laevis</i>
» » cebaba	» <i>Hordei</i> y » <i>nuda</i>
» el maíz	» <i>Maydis</i> , <i>Ust. Fischeri</i> y <i>Ust. Reiliana</i>
» » sorgho	» <i>Sorghii</i> y otros dos más

La carie del trigo es originada por dos especies: *Tilletia Tritici* y *Tilletia laevis*, diferenciándose la última de la anterior, por su episporio liso, mientras que en sus efectos y aspectos de la parte atacada son idénticos, lo mismo que en el olor peculiar a pescado podrido, causado por la formación de trimetilamina.

Los hongos del carbón y de la carie, llamaron temprano la atención del agricultor por el aspecto extravagante de las deformaciones originadas en las plantas atacadas. Pero en un principio no se llegó a mayores conocimientos sobre su modo de vivir por deficiencias en los métodos de estudio y en los medios ópticos.

Más tarde, se reconoció que esos hongos penetran y se desarrollan en las plantas predilectas, aceptándose por lo general que la infección tiene lugar desde el suelo cuando la planta es joven aún. De ahí se dedujo la preexistencia de esos hongos parásitos en el suelo. Pareció también que una esterilización y preservación del grano de cualquier cereal mediante el sulfato de cobre debía hacerlo poco menos que inmune contra los ataques del hongo.

Más tarde dió Brefeld con todo el ciclo evolutivo que no es el caso de indicar detalladamente, de uno de estos hongos que causan el carbón. Basta decir que un esporo del hongo produce al germinar primeramente, un promicelio, donde se desarrollan abundantemente otra clase de esporos, llamados conidios; estos dan lugar a un nuevo hongo, en el caso de que puedan hacer la infección de una planta, o se reproducen directamente por unos esporos parecidos a las levaduras; estos esporos por su parte, se multiplican indefinidamente hasta acabar con el medio nutritivo en que se encuentran, teniendo cada uno la facultad de dar origen a un hongo normal.

Resulta entonces, que un esporo único puede infestar un número enorme de plantas; agregando a esto que *un* grano de trigo infestado de carie contiene alrededor de 4.000.000 de esporos y que cada uno de estos 4 millones puede producir otros tantos esporos secundarios y conidio-levaduras, resulta que, distribuidos y favorecidos convenientemente, pueden aniquilar varias veces toda la cosecha de una hectárea, pues suponiendo que una hectárea produce normalmente unos 1000 kg. de trigo sobre 1.000.000 de espigas, cada una con 30 granos, resultan por hectárea 30.000.000 de granos de trigo; y de donde se explica el daño enorme que estos hongos pueden ocasionar.

En prosecución de sus investigaciones minuciosas y sutiles el mismo Brefeld, luego confirmadas por Jensen, Rostrop y otros, demostró la múltiple manera en que puede producirse la infección de una planta. En resúmen hay tres tipos de infección:

I. El carbón de la avena y del sorgo, como también la carie del trigo infectan las plantas solamente en el principio de su desarrollo y cuando no han alcanzado todavía una altura de 4 cm.; *el micelio del hongo crece en el interior y a lo largo de toda la planta*, y recién en las espigas fructifica.

II. El carbón del maíz puede infectar la planta en cualquier parte u órgano, siempre que no sea protegido aún por una membrana dura; *pero el hongo queda localizado*

en el area de infección y no se extiende nunca por toda la planta como en el caso anterior, en razón de que ésta le proporciona elementos de nutrición, deteniendo por consiguiente su mayor expansión.

III. El carbón del trigo y uno de la cebada representan el tercer tipo, produciéndose la infección en el estigma de la flor; de modo que *el hongo infecta los órganos de reproducción de la planta e INVERNA EN EL GRANO QUE MADURA NORMALMENTE; sembrado el grano el hongo crece por toda la planta a que este grano dá lugar hasta los nuevos órganos florales, y recién entonces fructifica en las espiguillas mismas*, de donde pronto sale un polvo negro, constituido por los esporos del hongo.

De lo dicho no resulta imposible que, por ejemplo, el carbón del trigo no pueda infectar un grano al brotar; al contrario sucede también así, pero tal infección no es la regla sino la excepción; porque hay la particularidad que los esporos de los carbonos del I tipo pueden conservar su poder germinativo uno o dos años, los del II tipo hasta 7 años pero no así los del III tipo, que tienen su vitalidad limitada a unos 6 meses, cuando están fuera del grano, es decir, al descubierto.

Los factores principales que intervienen en la propagación de los esporos del carbón y de la carie, son en el I tipo la acción de la trilladora que rompe los granos infestados que se adhieren luego a los granos sanos y así llegan juntos al suelo al efectuarse la siembra donde se realiza la infección; en segundo lugar la acción del viento que deshace los granos enfermos en la espiga y esparce los esporos por las espigas y granos sanos y por el suelo. En el segundo tipo los esporos caen al suelo, germinan y los conodios son llevados por el viento a las plantas jóvenes de maíz, donde germinan a su vez primeramente sobre el tallo u hojas hasta que encuentran un tejido blando de la planta, en el cual penetran dando origen a las hipertrofias conocidas, especialmente en las espigas femeninas. El carbón del III tipo, es también propagado por la acción del viento casi exclusivamente.

El parasitismo de las diferentes especies de carbón para con sus huéspedes respectivos, lo mismo que los diversos factores que intervienen en la propagación de los esporos, nos dan indicaciones precisas sobre los métodos para combatirlos, que pueden ser indirectos y directos.

Los métodos de la destrucción indirecta se basan en que los esporos de carbón del primer tipo y también del tercer tipo pueden atacar solamente las plantas en su primera juventud; cuanto más adelantado su desarrollo tanto más difícil es la infección efectiva, porque aun penetrando entonces el hongo en la planta, este no puede seguir el mismo crecimiento rápido que ella, es decir, no puede alcanzar al cono vegetativo de la planta, condición indispensable para que haga sentir sus efectos desastrosos, y el vegetal puede poner en juego sus propios medios defensivos encapsulando al hongo en los internodios. De donde resulta que cuanto más rápido es el crecimiento de las plantas expuestas a la infestación en estado joven, o que ya contengan el micelio del hongo en su grano, tanto mayor es la probabilidad de que el hongo no pueda llegar a tiempo hasta las espigas para frustrar la fructificación de la planta en condiciones normales. En cambio, el hongo llega casi con seguridad a su completo desarrollo cuanto más se retarda el crecimiento de la planta huésped, porque entonces el hongo tiene tiempo suficiente para llegar y mantenerse en el cono vegetativo, lo que le garantiza su propia fructificación. Luego todos los medios que aceleran el desarrollo de la planta disminuyen las probabilidades del efecto destructivo del hongo, cierto es, solamente en lo que se refiere al trigo, cebada, avena y sorgo, pero no así en lo referente al maíz.

Para obtener tal efecto es preciso: sembrar granos buenos y de germinación rápida; preparar los granos mediante un remojo lo que ya se consigue por el sulfatage mismo; sembrar no demasiado temprano; esperar que haya humedad suficiente en el suelo al efectuar la siembra, etc. Algunas de estas condiciones no dependen del agricultor sino del estado meteorológico, mientras que otras solicitan

la diligencia del agricultor. Otro método indirecto se basa en el parasitismo facultativo de los carbones, por lo cual resulta muy eficaz la rotación de los cultivos.

Las llamadas variedades resistentes de cereales son plantas de crecimiento rápido, función frecuentemente acentuada en perjuicio del rendimiento en granos.

Los métodos de la destrucción directa del carbón y de la carie se refieren a la destrucción de los esporos. Para los cereales que contienen el hongo en el interior de sus granos (3º tipo) no hay naturalmente medios directos para su destrucción y hay que limitarse a conseguir la simiente de regiones o campos que no han sufrido de la peste, lo que permitiría hacer desaparecer paulatinamente el carbón de los sembrados. Consideremos ahora los carbones del 1º y 2º tipo. Mientras que muchos hongos parasitarios pueden destruirse quemando las plantas huésped, tal medida es impracticable tratándose de cereales, es decir, de plantas relativamente pequeñas y cultivadas en número crecido. Por eso convendrá evitar que el material de infección sea llevado a los sembrados por los granos mismos destinados para la siembra. Con este propósito se trata la simiente con venenos, o con temperaturas elevadas, en ambiente húmedo.

Se han ensayado un gran número de sustancias con el fin antes indicado, entre ellas el sublimado, la formalina, el sulfuro de potasio, la cal, e innumerables preparaciones comerciales; pero ninguna ha dado tan buen resultado como el sulfato de cobre, ya sea sólo o en forma de caldo bordelés, y el agua caliente de 50º a 55º c. No hay que olvidar que el tratamiento debe llenar las siguientes condiciones: 1º prevenir el desarrollo del carbón y de la carie; 2º no perjudicar el grano mismo, ni disminuir su poder germinativo.

¿Cuándo conviene emplear una solución del sulfato de cobre? Siempre que la simiente no se almacene sino que se siembre enseguida después del tratamiento, y las condiciones del suelo sean propicias para una germinación inmediata. En tal caso se llena la primera condición.

Pero debiendo quedar almacenados los granos después del tratamiento, hay peligro de que el sulfato de cobre afecte también al poder germinativo del grano.

¿Cuándo conviene emplear el caldo bordelés? Conviene emplear un caldo de 2 a 4 ‰ cuando quiera efectuarse el sulfatage con una anticipación de 1 o 2 meses o más a la siembra, o cuando es probable que el grano no encontrará en el suelo, una vez efectuada la siembra; condiciones favorables para la germinación, por ejemplo, por la escasez de lluvias, etc.; en ambos casos contrarresta la cal contenida en el caldo, la acción del sulfato de cobre sobre el poder germinativo del grano; además protege la capa formada alrededor, el grano de una infestación ulterior.

¿Cuándo conviene emplear el agua caliente de 50° a 55°?

Este tratamiento puede emplearse en el mismo caso que indiqué para el sulfato de cobre. Además hay la probabilidad de que el hongo, que ocasiona el carbón del tipo tercero y que se encuentra dentro del grano, sea perjudicado en su vitalidad, puesto que no soporta una temperatura húmeda mayor de 50° c. Podemos aumentar todavía las probabilidades de éxito al combatir el carbón del 3° tipo, porque sabemos que el hongo dentro del grano empieza a desarrollarse *antes* que el embrión del cereal; por lo tanto, provocamos su desarrollo primero, y luego empleamos el agua caliente, para que sufra con mayor intensidad las temperaturas elevadas a las cuales se muestra como hemos dicho muy sensible. Entonces el empleo del agua caliente será el siguiente para todos los carbones:

Para los granos de trigo y de centeno:

Dejar la simiente de 4 a 6 horas en agua de 20° a 30° c, después efectuar una inmersión de los granos durante 5 minutos en agua caliente de 50° a 55°c.

Para los granos glumaceos de avena y de cebada:

Remojar la simiente de 4 a 6 horas en agua de 20° a 30°c., después efectuar una inmersión durante 15 minutos en agua caliente de 50° a 55°c.

Al emplear cualquiera de los tres baños es muy importante emplear mucho líquido y sacar todos los granos que *flotan* siendo estos generalmente granos llenos de esporos de carbón, que no siempre serán afectados por los baños y que ocasionarán nuevas infestaciones al romperse.

Cabe preguntar ¿qué resultados prácticos aportan los diversos tratamientos de la simiente? Lo cierto es que el carbón y la carie no pueden evitarse del todo aunque se hayan efectuado los tratamientos con toda prolijidad, debido a los múltiples factores de su propagación; igualmente cierto es, que esos mismos tratamientos disminuyen notablemente la peste. De ahí también las divergencias de opinión sobre la utilidad del sulfatage de las semillas. Pero según lo expuesto, fácil es solucionar esas divergencias, recordando las diversas maneras de infección y dándose cuenta, en cuales casos pueden esperarse resultados favorables de los tratamientos aconsejados. Teóricamente puede aconsejarse el sulfatage solamente contra el carbón que infesta a las plantitas jóvenes es decir contra

<i>Ustilago Avenae</i> y <i>Ust. laevis</i>	de la	avena
„ <i>Hordei</i>	„	cebada
„ <i>Sorgho</i> , etc.	del	sorgho
<i>Tilletia Tritici</i> y <i>Till. laevis</i>	„	trigo

y hasta cierto punto también, contra el *Ustilago Maydis* del maíz.

Pero el sulfatage no impedirá la infección de la cebada por el *Ustilago nuda*, del trigo por el *Ust. Tritici*, y posiblemente tampoco del centeno por el *Ust. Secalis*, porque en estos casos el hongo se encuentra ya dentro del grano, allí donde no llega la acción eficaz del sulfatage sin perturbar simultáneamente el poder germinativo del grano.

Resulta pues, que la cebada por ejemplo, puede enfermarse de carbón, aunque haya sido sulfatada la semilla, sólo que entonces la causa no es el *Ust. Hordei* sino el *Ust. nuda*. En un trigo sulfatado puede esperarse que no

Nombre de la planta huésped	Nombre vulgar de la enfermedad	Nombre del hongo parásito	Aspecto de los esporos	Tamaño de los esporos
TRIGO	Carbón del trigo (desnudo)	<i>Ustilago Tritici</i> Jens	globoso, algo rugoso.	5 — 8 μ
	Carie del trigo o Tizón.	a) <i>Tilletia Tritici</i> b) <i>Tilletia laevis</i> Kühn	a) globoso y reticulado. b) elíptico o irregularmente globoso y liso.	15 — 20 μ 17 — 25 μ × 14 — 18 μ
CEBADA	Carbón desnudo de la cebada.	<i>Ustilago nuda</i> K. y S.	globoso, algo rugoso.	5 — 7 μ
	Carbón de la cebada (cerrado).	<i>Ustilago Hordei</i> K. y S.	irregularmente globoso y liso.	6,5 — 7,5 μ
AVENA	Carbón de la avena (desnudo).	<i>Ustilago Avenae</i> Jens	globoso, algo rugoso.	5 — 8 μ
	Carbón de la avena (cerrada).	<i>Ustilago laevis</i> Magn	irregularmente globoso y liso.	5 — 8 μ
MAIZ	Carbón del maíz.	<i>Ustilago Maydis</i> Tul.	globoso y finamente equinulado.	8 — 13 μ

Germinación de los esporos	Color de los esporos aglomerados	Dispersión de los esporos	La infección se efectúa por	MEDIOS PREVENTIVOS
directamente con micelio (sin conidios).	marrón	durante la floración del huésped	los órganos florales	Sembrar semillas sanas, tratarlas con agua caliente. En trigo para simiente recolectar a mano las espigas con carbón y destruirlas por el fuego.
con promicelio y conidios.	marrón negruzco.	en la trilla	las plantitas jóvenes	Sulfatar la semilla o tratarla con agua caliente.
directamente con micelio (sin conidios).	marrón	durante la floración del huésped	los órganos florales	Sembrar semillas sanas y tratarlas con agua caliente. En cebada para simiente recoger a mano las espigas con carbón y destruirlas por el fuego.
con promicelio y conidios.	negruzco	en la trilla	las plantitas jóvenes	Sulfatar la semilla o tratarla con agua caliente.
con promicelio y conidios.	marrón	durante la floración del huésped	las plantitas jóvenes	dto.
con promicelio y conidios.	negruzco	en la trilla	las plantitas jóvenes	dto.
con promicelio y conidios.	marrón negruzco.	Durante toda la vida del huésped mas tres semanas después de la infección	todo órgano joven	dto. además, donde es posible, cortar los tumores y destruirlas por el fuego.

sea atacado por la carie, en cambio no hay seguridad alguna de que no sufra del carbón. En este último caso hay que elegir cuidadosamente la simiente de regiones libres de carbón y aplicar siempre el sulfatage, o mejor, el agua caliente como medida preventiva contra la carie.

Las pérdidas que los carbonos ocasionan anualmente se han calculado en Suecia para la avena y la cebada en 7 1/2 millones de coronas, en los Estados Unidos para la avena solamente, en 18 millones de dólares, y para el trigo en la provincia de Ohio en 1/3 millon de dólares.

En la República Argentina no es raro que el 10 % de los sembrados sufra de los ataques del carbón y de la carie lo que equivale, para el trigo solamente a 36 millones pesos moneda nacional por año, calculando una producción media de 4.200.000 toneladas a 85 \$ la tonelada. (La producción de trigo alcanzó en 1915 a 4.588.000 toneladas que se vendió término medio a razón de 120 \$ la tonelada). Estos datos comprueban que esos hongos parásitos están entre los enemigos más peligrosos para nuestra agricultura.

La tabla anterior facilitará una orientación rápida; servirán para completarla algunas de las indicaciones sobre la biología de las distintas especies de carbonos.

Conviene recordar que para aclarar dudas el Gobierno y las Universidades tienen sus chacras experimentales, y que la chacra o el campo del agricultor le sirve a este para su mantención y para la de su familia.

V. ZEMAN.

1° de Septiembre 1916.
