

al cloruro de calcio se introduce el tubo de combustion en una especie de camisa ó de estuche de cobre raspado, cuyo destino es el de abrigar el vidrio del contacto directo del fuego. La longitud de dicha envoltura debe ser igual á la de la mezcla menos el clorato de potasa. El tubo así arreglado se deposita en una parrilla de hierro en forma de artesa y que pasa en unos 4 centímetros. Una vez terminadas esas disposiciones, se junta por medio de un tubo de cauchú el extremo libre del tubo de cloruro con uno de los brazos del condensador; y el otro brazo está unido á su vez con otro tubo en forma de U que encierra fragmentos de potasa y del cual se comprenderá al instante el papel que desempeña.

Para entrar de lleno en la cuarta fase del análisis, es necesario que representemos el aparato completo y dispuesto á funcionar. Hé aquí un bosquejo de él (fig. 96, ABONOS AGRÍCOLAS):

Se coloca una pantalla de palastro en A, es decir, allí donde empieza la mezcla del óxido y de la materia orgánica. Esta pantalla debe estar sesgada de manera que abrace el tubo: se meten poco á poco y sucesivamente áscuas encendidas en torno del tubo comenzando por el lado del tapon y bajando hácia el sesgo ó escotadura. Cuando se cree que toda esa parte ha alcanzado la temperatura del rojo oscuro, se hace retroceder gradualmente la pantalla continuando el fuego, si bien que con precaucion, pues la materia orgánica comienza ya á descomponerse; siendo además necesario que la descomposicion se opere con bastante lentitud y regularidad. De modo que no se añade fuego hasta que el desprendimiento se rebaja mucho, lo cual está indicado por las burbujas que pasan á través del líquido del condensador B. Cuando el desprendimiento de los fluidos elásticos cesa, por más que toda la porcion del tubo en que se encuentra la materia orgánica esté rodeada de carbon, se quita la panta-

lla y se continúa añadiendo fuego. Pronto se llega á la parte en que hay el clorato de potasa; manifiéstase entonces un nuevo desprendimiento gaseoso, desprendimiento que se mantiene añadiendo poco á poco carbones pequeños hasta que rodeen el extremo del tubo. Desde el momento en que el aparato no exhala ya gas, puede considerarse como terminada la combustion.

Hé aquí lo que ha pasado:

Así que se ha producido el calor el aire de dentro del tubo se ha dilatado y una parte se ha desprendido por el extremo del aparato, y desde el momento en que el fuego ha alcanzado el punto A, la materia orgánica ha comenzado á descomponerse; sus elementos (carbono é hidrógeno) han pasado al estado de ácido carbónico y de agua, combinándose con el tercer elemento (oxígeno), una parte del cual ha sido tomado del óxido de cobre.

La mezcla gaseosa que sale del tubo de combustion está entonces formada por vapor de agua, ácido carbónico y aire. La primera está condensada por el cloruro de calcio del tubo A, el ácido es absorbido por la potasa líquida del condensador B, y el aire pasa adelante.

Cuanto más avanza la combustion, más aumenta la proporcion de los dos gases, y más disminuye el aire.

Supongamos quemada toda la materia orgánica: es evidente que el interior del tubo está lleno de una mezcla gaseosa que nada puede hacer salir, como no sea otro gas. Así se determina un desprendimiento de gas calentando el extremo en que se halla el clorato de potasa. El oxígeno que así se produce, tiene doble empleo: primero arroja del interior del aparato los últimos productos de la combustion que van á condensarse en los tubos A y B; y despues, si por casualidad algunas partículas de materia orgánica han escapado á una combustion completa, arderán sin duda, encontrándose rodeadas de

gas oxígeno, casi siempre á una temperatura muy elevada.

De modo que el oxígeno obra no sólo mecánicamente arrastrando los últimos restos de ácido carbónico y vapor de agua fuera del tubo de combustion, sino que completa á ésta en el caso de que no lo sea.

Ahora comprenderemos la importancia del tubo C: el oxígeno que se exhala al final de la operacion, no queda retenido por ninguna de las materias contenidas en A, B y C; sale pues del aparato. Para salir tiene que atravesar la disolucion de potasa del condensador B. Y como el gas está seco y caliente, debe saturarse de humedad; de suerte que entra seco por un extremo del condensador y sale húmedo por el otro; pero cuanta más humedad se lleve, tanto más hará disminuir el peso del licor alcalino. Si á continuacion del condensador no hubiese una materia que secase el oxígeno húmedo, claro está que habria una pérdida que recaeria enteramente sobre la dosis del ácido carbónico. Siendo el agua que el oxígeno saca del líquido del condensador tomada al paso por los fragmentos de potasa del tubo C, no habrá que tener en cuenta el aumento de su peso para conocer con exactitud el que hubiera debido tener el condensador.

Otra ventaja ofrece el tubo C: sea cual fuere la habilidad del operador puede ocurrir que en ciertos momentos la combustion sea demasiado rápida. En tal caso podria alguna cantidad de ácido carbónico librarse de la accion absorbente de la potasa líquida, y de ahí dimanarian una pérdida y un error. El tubo C evita una y otro; porque es difícil que no detenga lo que ha escapado á la potasa líquida, y por consiguiente el tubo C, es, por decirlo así, un complemento del condensador. Con efecto, suelen pesarse juntos, y del aumento de su peso colectivo se deduce la cantidad real de ácido carbónico que se ha formado durante la combustion.

§ 166. Trátase entonces de completar

el análisis. Se saca el fuego de la parrilla; se desmontan todas las piezas, y antes de pesar los tres tubos A B C, debe tenerse el cuidado, indispensable aquí, de barrer el interior. Espirando aire por el extremo del tubo C, esa operacion tiene por objeto eliminar todo el oxígeno de que están llenos. Siendo este gas más denso que el aire, su presencia en los aparatos aumentaria su peso.

Hechas las pesadas queda definitivamente terminada la operacion. El aumento del peso del tubo de cloruro de calcio (A) representa el agua; el del condensador B y de la pieza adicional C representa el ácido carbónico. Sólo falta hacer los cálculos para conocer la composicion centesimal de la materia analizada.

Tomamos de *Malaguti* un ejemplo de dichos cálculos:

0'500 gramos de azúcar de uvas cristalizado dieron 0'665 de ácido carbónico y 0'320 de agua.

El ácido carbónico encierra 27'27 por ciento de carbon, y el agua 11'11 de hidrógeno.

El carbon obtenido directamente por el análisis será igual al producto de 27'27 + 0'665 = 0'1812 gramos.

El hidrógeno será igual al producto de 11'11 + 0'320 = 0'356.

Como se ha operado sobre 0'500 gramos de materia, sólo falta dividir cada producto por 0'500 gramos. Así se tiene la cantidad de carbon contenida en 100 partes de la materia analizada.

$$\frac{0'1812}{0'500} = 36'24 \text{ de carbon.}$$

$$\frac{0'356}{0'500} = 7'12 \text{ de hidrógeno.}$$

Según ese análisis, el azúcar de uvas se compondria pues de la manera siguiente:

Carbono.	36'24
Hidrógeno.. . . .	7'12
Oxígeno.	56'54
	99'90

Sin embargo, no es ésta su composición, pues debe ser:

Carbono.	36'363
Hidrógeno.	7'077
Oxígeno por diferencia.	56'560
	100'000

Esa diferencia dimana de que á pesar de todo el esmero que se ponga, el hidrógeno que se obtiene con el experimento es siempre algo excesivo, y en cambio el carbono está debajo de la realidad. No puede evitarse ese error, porque no puede impedirse que el óxido de cobre absorba un poco de humedad mientras se hace la mezcla; como tampoco puede evitarse que una corta cantidad de ácido carbónico escape á la potasa.

Pero esos errores casi inevitables son tan leves, que no afectan de una manera sensible las consecuencias que se sacan del análisis.

§ 167. Hablemos ahora del ázoe.

Este elemento se dosifica ora en su estado normal, ora en la forma de amoníaco. El primer procedimiento es de uso más general por ser aplicable á toda materia azoada; y el segundo no se aplica sino á las materias que no contienen ácido azoico ni ácido azooso.

Sea cual fuere el procedimiento seguido, la determinación del ázoe será siempre independiente de la de los otros elementos: el análisis elemental de una sustancia azoada no se diferencia en modo alguno, en concepto de la dosificación del carbono y del hidrógeno, del análisis de una sustancia no azoada, si bien el tubo de combustión debe en el primer caso tener una longitud de 75 á 80 centímetros. El primer tercio á partir del extremo abierto, debe contener desperdicios de cobre que ya hemos visto figurar anteriormente.

Dicho esto, veamos ante todo de qué modo se opera para dosificar el ázoe en estado de gas.

Se escoge un tubo de vidrio poco fusible

de 1 metro poco más ó menos de longitud por 15 milímetros de diámetro, y se le introduce bastante bicarbonato de sosa para llenarlo en los 3/10. A esta sal sigue una columna de 5 á 6 centímetros de bióxido de cobre que va seguido de una mezcla de óxido de materia azoada, cuyo volumen forme una columna de 20 centímetros; y en fin, se llena ese tubo hasta 4 ó 5 centímetros de la abertura, con las limaduras de cobre. Se cierra entonces con un tapon de corcho que lleve en su eje un tubo encorvado en ángulo recto y cuyo extremo esté espedito para dar fácil salida al gas. El tubo de combustión se introduce enseguida en una camisa de cobre raspado (envoltura que no debe abrigar la parte en que se encuentra el bicarbonato de sosa); y luego se coloca en una larga parrilla de hierro, donde más tarde se rodeará de áscuas encendidas. El extremo del tubo encorvado debe meterse en una cubeta de mercurio, en la cual despues se colocará una probeta destinada á recoger los gases que se exhalan durante la combustión.

Véase el bosquejo del aparato montado en la fig. 97.

Antes de describir la manera cómo ha de marchar la combustión y los fenómenos á que da origen, importa decir que durante la combustión de las materias en el tubo es inútil tomar precauciones para evitar la humedad. Con tal que la materia orgánica esté debidamente seca antes de pesarla, poco importa lo que de ella sea despues. En cambio deben tomarse todas las precauciones para espulsar totalmente el aire contenido en el tubo, antes que empiece la combustión de la materia orgánica. Por esa razon, como veremos pronto, se hace intervenir el bicarbonato de sosa. Algunos químicos prefieren emplear menos cantidad de esta sal y acaban la espulsión del aire por medio de una bomba. Colocan este instrumento entre el tubo de combustión y el tubo abductor, cuyo bra-

zo vertical tenga á lo menos una longitud de 80 á 85 centímetros; mas no pudiendo dar buenos resultados este procedimiento á menos de ser irreprochable la bomba (cosa que no siempre sucede), se ha abandonado casi en general.

Al principio del análisis se calienta gradual y sucesivamente la porción del tubo en que hay el bicarbonato de sosa. Al efecto se ponen algunas áscuas pequeñas á corta distancia del óxido de cobre, y se añaden poco á poco otras hasta que estén descompuestos los 2/3 de esta sal.

Los litros de ácido carbónico que se exhalan y escapan á través del mercurio de la cubeta (no estando aun colocada la probeta en tal momento) bastan para espulsar todo el aire. Se conoce entonces que la espulsión es completa introduciendo algunas burbujas de gas en un tubito lleno de solución de potasa. Si el gas no es otra cosa que ácido carbónico, si no contiene aire, debe ser absorbido por completo. Así que esta prueba da una seguridad, se dispone en la cubeta C la probeta cuyos dos tercios están llenos de mercurio, y el otro tercio de disolución concentrada de potasa; se meten algunos carbonos encendidos al principio del tubo, y se procede como en un análisis ordinario. De ese modo todo el cobre se enciende hasta el rojo antes que la materia orgánica se descomponga.

Cuando la combustión de esta última comienza, los gases que dimanan de ella, pasan por el cobre incandescente, y el uno, el

bióxido de ázoe, se descompone en oxígeno que se fija en el metal, y en ázoe, que pasa á la probeta con el ácido carbónico y el vapor de agua. Este último se condensa, el ácido carbónico es absorbido por el líquido alcalino y el ázoe queda en su estado normal.

Cuando ha terminado la combustión de la materia orgánica, se calienta lo que resta del bicarbonato de sosa. Un nuevo desprendimiento de ácido carbónico se manifiesta arrastrando la mezcla gaseosa de que está lleno el tubo, y desempeña el mismo papel que el oxígeno del clorato de potasa en el análisis ordinario. Inútil es decir que toda esta última porción de ácido carbónico es absorbida por la disolución alcalina.

Terminado el desprendimiento se trasporta la probeta á un barreño lleno de agua y se hace pasar el ázoe á un tubo graduado para conocer su volumen, teniendo en cuenta la temperatura, la presión atmosférica y la tensión del vapor acuoso. En fin, leída la graduación, se prueba si introduciendo en el tubo un poco de aire se forma vapor rutilante. Si se forma, el análisis se ha malogrado puesto que el cobre no ha descompuesto todo el bióxido de ázoe.

Hé aquí de qué manera se logra conocer el peso del ázoe obtenido directamente por el análisis:

0'2305 gramos de materia azoada han dado 0'12 de ázoe húmedo medido á + 15 grados del termómetro centesimal y bajo la presión barométrica de 0'7603 metro.

$$0'001256 \text{ gramos : } V. \frac{1}{1 + 0'00367 + t} \frac{H - F}{0'7603 \text{ metro}} = 0'0441 \text{ gramo}$$

(0'001256 gramo) = peso de 1 centímetro cúbico de ázoe; V = volumen aparente del ázoe obtenido por el análisis; 0'00367 = coeficiente de dilatación del ázoe por cada grado centígrado.

t = temperatura del gas en el momento en que se ha medido.

H = elevación de la columna barométrica en el mismo momento.

F = fuerza elástica del vapor de agua á + 15 grados. (0'7603 metro) = altura normal del barómetro.

(0'0441 gramo) = peso real del ázoe dado por el experimento.

En fin, el peso del ázoe dividido por el peso de la materia analizada, de la cantidad