

# Ensayo de Fumigación con diversos Gorgojicidas

Ing. Agro. CARLOS S. CARBONELL MAS

Ayudante Técnico de la División Patología Vegetal y Entomología de la Dirección de Agronomía

El presente trabajo fué realizado en el Instituto de Química Industrial. Se inició a fines de marzo de 1944 por sugerencia del entonces Director de Agronomía, Ing. Agro. Gustavo Fischer, dándose por terminadas las experiencias que integran esta primera parte, a fines de setiembre ppdo.

Esta comunicación no constituye sino un resumen escueto de la labor realizada y una exposición de los resultados obtenidos hasta el momento. Considerando que el ensayo no ha sido terminado aún, y apremiado por la escasez del tiempo disponible para la redacción de estas notas, he creído conveniente dejar para más adelante, cuando se realicen las experiencias restantes, la publicación detallada de la técnica experimental utilizada. Sin embargo, para evitar interpretaciones erróneas de los resultados obtenidos, he sintetizado en la forma más breve posible las condiciones generales del ensayo.

Considero un deber hacer público mi agradecimiento al Ing. Agro. Gustavo J. Fischer por su ayuda en el planteamiento de los ensayos y la realización de los cálculos finales; a la Dirección del Instituto de Química Industrial que me autorizó a realizar allí mi labor, a su gerente técnico, Quím. Industrial Ernesto Liesegang que puso a mi disposición todo lo necesario para llevarla a cabo, y muy especialmente al Quím. Farm. Abelardo Géntini y Quím. Ind. Armando Capdevila que en todo momento me prestaron su valiosísima ayuda y asesoramiento técnico, allanando todas las dificultades que se presentaron durante mi trabajo.

Se persiguió como finalidad principal, obtener cifras que permitieran comparar el grado de eficacia de ciertos productos químicos comúnmente usados en la desinsectación de los granos almacenados, problema este de gran importancia en nuestro país, agravado actualmente por las condiciones anormales del mercado y las dificultades del transporte, que frecuentemente prolongan más allá de lo corriente, el período de almacenamiento de las cosechas.

Primeramente se revistó la bibliografía disponible, con el fin de establecer cuáles eran las dosis de los fumigantes a ensayar que pudieran considerarse como normales. Esto no pu-

do lograrse sino a medias ya que los datos de diversos autores son diferentes y no pocas veces contradictorios.

Una vez establecidas estas dosis normales, se ensayó cada fumigante en tres concentraciones diferentes, tomando, además de la normal, la mitad y el doble de esta cantidad. Asimismo cada una de estas experiencias fué repetida entre períodos de tiempo diferentes, es decir, dejando actuar el fumigante durante 3, 12 y 48 horas.

Paralelamente a estos ensayos en los cuales el fumigante actuaba en una atmósfera de aire, fué llevada a cabo otra serie idéntica pero en la cual el aire de los recipientes fué sustituido por anhidrido carbónico. Se suponía, y así lo afirman algunos autores que el anhidrido carbónico, poderoso excitante de los centros respiratorios autónomos en los vertebrados, pudiera aumentar la eficacia de los fumigantes al actuar de una manera semejante en los insectos.

Como se notara que contrariamente a lo supuesto, el anhidrido carbónico ejercía un efecto protector sobre la vida de los gorgojos, se realizaron también ensayos con dosis variables de esta sustancia, para obtener datos complementarios sobre su acción. Sus resultados son contradictorios en lo referente al tetracloruro de carbono, pero la reducida extensión de este ensayo auxiliar no permite asignarle a las cifras finales una gran significación.

Dado que el efecto inmediato producido por la adición masiva de anhidrido carbónico se traduce instantáneamente por la completa inmovilización de los insectos, es legítimo suponer que el mencionado efecto protector consiste esencialmente en una especie de shock anestésico que enlentece todo el metabolismo del animal, inclusive los intercambios gaseosos de la respiración, reduciendo por lo tanto la dosis de sustancia tóxica absorbida por unidad de tiempo.

En cuanto a los productos a ensayar, se eligieron en un principio los siguientes: como fumigantes líquidos, tetracloruro de carbono; un producto comercial denominado fumo-gas; de procedencia norteamericana, cuyos fabricantes declaran como principio activo el dicloroetileno en la proporción de 88 %; y el sulfuro de carbono.

Como fumigantes gaseosos, el cloro, el anhidrido sulfuroso, y el ácido cianhídrico.

Los ensayos con los cinco primeros pudieron ser realizados, pero en lo relativo al ácido cianhídrico surgieron dificultades imprevistas que impidieron terminar la experiencia antes de esta fecha. Estas dificultades están siendo estudiadas actual-

mente por los técnicos del Instituto de Química Industrial. Una vez resueltas, será completado el presente trabajo.

Como material experimental se utilizó trigo sumamente infectado por varias especies de insectos, la principal de las cuales era *Sitophilus oryzae* (L.) vulgarmente llamada "gorgojo", que constituía en número, más del 90 % de la fauna del trigo empleado. Como por otra parte es esta especie la principal plaga de los granos almacenados en nuestro país, fué la única que se tomó en cuenta durante la realización del ensayo, refiriéndose a ella exclusivamente los cuadros numéricos que se dan al final.

Las fumigaciones fueron realizadas en damajuanas de 10.8 litros de capacidad, en cada una de las cuales se colocaron 2.8 litros de grano con insectos, agregando luego el fumigante. Transcurrido el tiempo fijado para cada experiencia se aereaba el grano en capa delgada para eliminar el fumigante, se embolsaba durante 24 horas en bolsa de papel, se separaban los insectos por medio de tamices, guardándolos en cajas durante 24 horas más, apartando entonces los muertos de los vivos para efectuar los recuentos correspondientes. Los dos plazos de 24 horas tenían por finalidad permitir que los insectos inmovilizados o anestesiados por los fumigantes recobraran el movimiento, evitando así considerarlos como muertos en el recuento posterior.

En lo referente a los recuentos, debe tenerse en cuenta que sólo fueron hechos directamente cuando se trataba de cantidades pequeñas, siendo en los demás casos estimado el número total mediante un cálculo sencillo, contando los insectos contenidos en un medio o en un cuarto de gramo y relacionándolo con el peso total de insectos muertos o sobrevivientes respectivamente.

Considerando que en el material empleado existía una cierta cantidad de gorgojos muertos naturalmente, fué determinado separadamente y por partida doble para el contenido de cada bolsa de trigo empleada, el porcentaje de gorgojos vivos, realizándose sobre esta base los cálculos finales.

Las experiencias realizadas suman en total 114. El total de gorgojos vivos sobre el que se trabajó ha sido estimado en 304.870. Las porciones 2.8 litros de trigo empleadas para cada experiencia contenían en promedio 2.691 gorgojos vivos cada una, siendo los límites extremos de la variación del número de gorgojos en ellas 594 y 6.821 aunque debe hacerse la salvedad de que el 94 % contenían un número superior a 1.000.

Al inspeccionar los cuadros referentes a gorgojos sobre-

vivientes por ciento, debe tenerse en cuenta, en lo relativo al valor real de la fracción decimal, que están calculados en su mayoría sobre números estimados por el procedimiento de pesaje, expuesto más arriba, no debiendo por lo tanto atribuirseles una significación exagerada.

Finalmente, para la interpretación general de los resultados y con la finalidad de evitar darle proyecciones indebidas en el campo de la práctica, es necesario tener presentes los siguientes puntos:

- 1º Que aunque el ensayo está constituido por un número relativamente grande de experiencias, no son aún suficientes para establecer una base estadísticamente sólida, para lo cual serían necesarias numerosas repeticiones.
- 2º Que fué realizada en recipientes pequeños herméticamente cerrados, en los cuales el grano ocupaba tan sólo el 26 % aproximadamente del volumen total, condiciones estas diferentes de las normales en la práctica de la fumigación.
- 3º Que no se dispuso de instalaciones para mantener durante todo el ensayo temperatura y humedad constantes, ni para uniformizar el contenido de agua en el grano, lo que en cierta medida resta a las experiencias algo de su valor comparativo.

Resumiendo, el principal objetivo de este trabajo ha sido como ya se dijo, desde su planteamiento y durante toda su realización, el obtener cifras que permitieran comparar la eficacia de los diversos fumigantes logrando así, basándose en el material con que hay que trabajar en el país y no en datos del extranjero, una plataforma para realizar posteriormente ensayos en escala semi-industrial, cuyos resultados sean directamente utilizables en la práctica. Désde este punto de vista creo que las cifras obtenidas son válidas, tanto para nosotros que nos proponemos continuar el trabajo como para todo aquel que intente experiencias similares.

PLANTEAMIENTO GENERAL DEL ENSAYO  
DOSIS EN GRAMOS POR METRO CUBICO

Fumigante	Atmósfera	Horas 3			12			48		
		Dosis								
		Mitad	Norm.	Doble	Mitad	Norm.	Doble	Mitad	Norm.	Doble
CCl <sub>4</sub>	Aire	2000	4000	8000	2000	4000	8000	2000	4000	8000
	CO <sub>2</sub>	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Fumo-gas	Aire	500	1000	2000	500	1000	2000	500	1000	2000
	CO <sub>2</sub>	"	"	"	"	"	"	"	"	"
CS <sup>2</sup>	Aire	100	200	400	100	200	400	100	200	400
	CO <sub>2</sub>	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Cl	Aire	13.5	27	54	13.5	27	54	13.5	27	54
	CO <sub>2</sub>	"	"	"	"	"	"	"	"	"
SO <sup>2</sup>	Aire	50	100	200	50	100	200	50	100	200
	CO <sub>2</sub>	"	"	"	"	"	"	"	"	"

CANTIDAD ESTIMADA DE GORGOJOS VIVOS  
en cada una de las porciones de trigo empleadas

Fumigante	Atmósfera	Horas 3			12			48		
		Dosis								
		Mitad	Norm.	Doble	Mitad	Norm.	Doble	Mitad	Norm.	Doble
CCl <sub>4</sub>	Aire	2505	3764	3423	2541	1480	1644	2657	5365	3302
	CO <sub>2</sub>	2383	4145	3437	1249	1710	1381	2005	1940	2005
Fumo-gas	Aire	2515	2184	2991	2334	1578	2302	2188	3988	4127
	CO <sub>2</sub>	2560	3251	3248	1510	2368	1381	2137	1776	1578
CS <sup>2</sup>	Aire	3839	3637	2717	2828	2927	2729	4119	5801	2948
	CO <sub>2</sub>	2312	2530	2701	1508	1427	1644	3628	2105	1973
Cl	Aire	662	1017	594	1171	851	1331	686	1065	2374
	CO <sub>2</sub>	1183	869	1245	825	762	741	2624	2523	2004
SO <sup>2</sup>	Aire	2526	2866	2246	1405	2534	3373	2247	1928	1793
	CO <sub>2</sub>	2399	2953	2170	2175	2715	2927	2299	3678	1802

TOTAL: 208.888

## GORGOJOS SOBREVIVIENTES POR CIENTO

Fumigante	Atmósfera	Horas		3		12		48			
		Dosis									
		Mitad	Norm.	Doble	Mitad	Norm.	Doble	Mitad	Norm.	Doble	
CCl <sub>4</sub>	Aire	1.08	0.11	0.15	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	CO <sub>2</sub>	0.00	23.62	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fumo-gas	Aire	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	CO <sub>2</sub>	28.13	41.34	6.77	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CS <sup>2</sup>	Aire	0.13	1.65	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	
	CO <sub>2</sub>	93.43	62.61	6.66	63.13	13.74	0.00	4.16	0.00	0.00	
Cl	Aire	44.71	36.18	54.88	84.37	77.56	54.85	14.29	22.72	13.27	
	CO <sub>2</sub>	63.65	44.88	77.67	75.64	64.57	65.45	28.20	82.76	70.46	
SO <sup>2</sup>	Aire	80.29	64.06	13.94	58.15	78.45	28.58	30.44	11.41	0.67	
	CO <sub>2</sub>	74.03	60.75	35.94	84.87	48.29	36.62	40.19	78.30	5.16	

**ENSAYO COMPLEMENTARIO DOSIS VARIABLES DE CO<sub>2</sub>  
PLANTEAMIENTO DOSIS DE FUMIGANTE EN GRAMOS POR  
METRO CUBICO**

Porcentaje de CO <sub>2</sub> en la atmósf.	Horas			
	2 1/2		24	
	Fumigante			
CC1 <sup>4</sup>	CS <sup>2</sup>	CC1 <sup>4</sup>	CS <sup>2</sup>	
0.00	888	235	888	235
6.25	"	"	"	"
12.65	"	"	"	"
25,00	"	"	"	"
50,00	"	"	"	"
100,00	"	"	"	"

**ENSAYO COMPLEMENTARIO DOSIS VARIABLES DE CO<sub>2</sub>  
CANTIDAD ESTIMADA DE GORGOJOS VIVOS  
en cada una de las porciones de trigo empleadas**

Porcentaje de CO <sub>2</sub> en la atmósf.	Horas			
	2 1/2		24	
	Fumigante			
CC1 <sup>4</sup>	CS <sup>2</sup>	CC1 <sup>4</sup>	CS <sup>2</sup>	
0.00	3580	4522	3805	3459
6.25	3663	2305	4492	3913
12,50	4798	3398	4673	3463
25,00	2213	6821	3974	3285
50,00	2809	6259	3594	4492
100,00	4989	3764	4170	3541

TOTAL: 95.982

**ENSAYO COMPLEMENTARIO DOSIS VARIABLES DE CO<sub>2</sub>  
GORGOJOS SOBREVIVIENTES POR CIENTO**

Porcentaje de CO <sub>2</sub> en la atmósf.	Horas			
	2 1/2		24	
	Fumigante			
CC1 <sup>4</sup>	CS <sup>2</sup>	CC1 <sup>4</sup>	CS <sup>2</sup>	
0.00	21,37	40,16	0,08	0,12
6.25	10,78	89,37	0,00	0,23
12.50	10,69	72,51	0,19	0,23
25,00	0,68	96,51	0,00	0,09
50,00	0,14	85,21	0,00	0,00
100,00	2,89	39,09	2,42	0,51

**Forma de proceder en la realización de cada serie de experiencias de fumigación.**

**Día 1. —**

Hora 17. Se abre una bolsa de trigo. Se toman 10 recipientes y se ponen en cada uno 2.800 mililitros de grano. (Nueve porciones son para fumigar y de la décima se separarán los insectos sin previa fumigación para determinar el número de muertos que existen naturalmente en el trigo). Se tapan los recipientes con un trozo de lienzo asegurado a su cuello con piolín.

**Día 2. —**

Hora 5. Se bajan las guías del termómetro de máxima y mínima. Se numera cada recipiente anotando en un registro dicho número, el fumigante que le corresponde y dosis, etc. Se agrega el fumigante en cada uno, tapándolo de inmediato y anotando (para cada uno) la hora en el registro. Si se trata de fumigaciones en atmósfera de anhídrido carbónico, se agrega éste en todos los recipientes antes de comenzar el agregado de fumigante, manteniéndolos tapados en el lapso que media entre el agregado del gas carbónico y del fumigante. En todos los casos la hora que se anota como comienzo de fumigación es la correspondiente al agregado de fumigante.

Mientras transcurre el tiempo establecido para la fumigación, se preparan sobre una mesa o en el suelo 9 papeles de embalaje de 70 x 90 centímetros (1 por cada recipiente) poniendo al lado de cada uno de ellos una bolsa de papel numerada como el recipiente cuyo contenido recibirá.

Hora 17.15. (Suponemos una fumigación de 12 horas en la cual el fumigante del primer recipiente se haya agregado a la hora 5.15). Se destapa el primer recipiente y se vacía el contenido sobre el papel, extendiéndolo en capa delgada, dejando el recipiente al lado del papel correspondiente para no confundir los números. Guiándose por las horas anotadas en el registro, se van vaciando sucesivamente todos los demás a las 12 horas de haber agregado el fumigante. Después de haber vaciado el último se anotan en el registro las temperaturas máxima y mínima, marcadas por el termómetro.

Hora 17.30. Habiendo transcurrido los 15 minutos de aeration para el trigo del primer recipiente, se guarda éste en la bolsa de papel, vertiéndolo por medio del papel de embalaje donde estaba extendido, cerrando de inmediato la bolsa por medio de numerosos pliegues. Las bolsas deben ser suficientes

temente grandes para que, una vez agregado el grano, más de la mitad quede vacía y pueda plegarse convenientemente. Guiándose siempre por las horas anotadas en el registro se embolsan sucesivamente las restantes porciones de trigo después de los 15 minutos de exposición al aire.

**Día 3. —**

Hora 17.30. Habiendo transcurrido 24 horas se comienza el tamizado de la primera porción de trigo para separar los insectos del grano, guardándolos en cajas de cartón que se marcarán con el número del registro anotado en la bolsa.

**Día 4. —**

Hora 17.30. 24 horas después del tamizado, se procede a la separación de muertos y vivos. Estos últimos pueden guardarse en otra caja que se marcará con el mismo número.

El recuento de muertos y vivos es una labor larga y cansadora que llenará todos los momentos que la labor de fumigación deje libre. Por las razones que se detallan más adelante en la descripción de la técnica experimental, puede realizarse en cualquier momento independientemente de todo horario.

**Observaciones:**

El número dado de 9 recipientes para fumigar en un día es simplemente aquel que el planteamiento de la experiencia y la práctica han determinado como cómodo para realizar en un día. Con fumigante de dosificación difícil (gases) este número hubo de ser reducido.

El trigo del recipiente Nº 10 que como hemos visto se emplea para determinar la cantidad de insectos que se encuentran muertos naturalmente en él, sufre manipulaciones idénticas a las muestras fumigadas, exceptuando naturalmente la fumigación y la aeración durante la cual escaparía numerosos insectos. Esta décima porción no se extrae en cada tanda de fumigaciones sino solamente 2 veces para cada bolsa de 70 kilos, una con la primera tanda empleada y otra con la última.

**Descripción detallada de la técnica experimental.**

**Trigo empleado.**

Se empleó trigo común embolsado desde hacía más de un año, intensamente atacado por insectos, especialmente *Sitophilus oryzae*. Se encontraban también *Laemophloeus minutus*, *Tribolium spp.*, *Rhizopertha dominica*, *Sitotroga cerealella* y

Plodia interpunctella pero en pequeña cantidad. Certo porcentaje de granos atacados por carbón (*Tilletia tritici*).

A los fines de la experiencia se tuvieron en cuenta solamente los ejemplares de *Sitophilus oryzae* que constituían aproximadamente el 90 % en número de los insectos existentes en el trigo empleado, y que debe considerarse por otra parte, el principal enemigo del grano almacenado en nuestro país.

#### **Recipientes de fumigación.**

Fueron empleadas damajuanas cuya capacidad exacta era de 10.800 mililitros, privadas de su envoltura de paja. Durante las experiencias se las cerraba con tapones de corcho.

En cada uno de dichos recipientes se colocan para cada experiencia, 2.800 mililitros de trigo con gorgojos. Este trigo es extraído de las bolsas con una medida de hojalata de dicha capacidad, y trasvasado a las damajuanas por medio de un embudo de cartón de forma apropiada. Esta operación se realizó siempre dentro de las 12 horas anteriores a la fumigación, dejando las damajuanas obturadas simplemente con un trozo de lienzo atado con hilo a su cuello, para impedir que la acumulación de anhidrido carbónico pudiera ejercer efecto nocivo sobre los insectos.

#### **Dispositivo para introducir los fumigantes.**

##### **1º Fumigantes líquidos.**

El dispositivo empleado para fumigar con sustancias líquidas es sumamente sencillo. Consiste en uno o varios papeles de fieltro plegados (según la dosis del líquido a emplear) suspendidos con un hilo del tapón de la damajuana como se vé en la figura 1. Para fumigar, se introducen los papeles secos por el cuello del recipiente dejando el tapón colgando exteriormente, y se vierte sobre ellos el líquido con la pipeta o bureta que se utiliza para medirlo. Inmediatamente se coloca el tapón. De esta manera el fumigante se evapora sin entrar en contacto directo con el grano. Los tres fumigantes líquidos empleados producen vapores más pesados que el aire, lo que asegura su contacto con el grano en el fondo del recipiente.

##### **2º Fumigantes gaseosos.**

**Cloro.** En las fumigaciones con cloro se procede de la siguiente manera: se prepara cloro gaseoso por la acción del ácido clorhídrico sobre permanganato de potasio. El gas, que pasa previamente por dos frascos lavadores con ácido sulfúrico se recoge en una cuba hidroneumática en la cual se emplea solu-

ción saturada (37 %) de cloruro sódico, en la que el cloro es muy poco soluble (ver fig. 2).

Una vez lleno cada frasco con el cloro se cierra con un tapón de vidrio esmerilado envaselado.

Obtenido el gas, es necesario analizarlo para, en base a su riqueza en cloro, calcular las dosis reales a emplear. Para medir el gas durante los análisis se emplea una bureta para gases de 50 cc. en la cual se hacen entrar o salir las cantidades necesarias de gas, absorbiéndolos o desalojándolos por medio de salmuera de cloruro sódico saturada de cloro, cuya altura se regula, como se vé en la fig. 3, por medio de un sistema de vasos comunicantes. Una cantidad medida de gas se hace barbotar por un pico fino en una solución de yoduro potásico. El yodo desalojado por el cloro se titula luego con solución n°10 de tiosulfato sódico. El gas empleado contenía 85 % de cloro.

Calculado el volumen de las dosis de gas a emplear en base al 85 % de riqueza, se procedió a introducirlas en los recipientes con trigo por medio del dispositivo que se vé en la figura 4. El gas del frasco a es desalojado por medio de cantidades de salmuera de cloruro sódico saturadas de cloro, equivalentes al volumen de gas a emplear, que se introducen por el embudo de llave b. Previamente a la extracción de la primera dosis de cada frasco, se vierte por dicho embudo una cierta cantidad de salmuera para desalojar el gas de las capas superiores, que pudiera haberse mezclado con aire al cambiar el tapón esmerilado que cerraba el frasco por el de goma del dispositivo dosificador, y para desalojar el aire del tubo c.

Una vez agregado el gas, se tapa herméticamente el recipiente de fumigación y se le agita para homogeneizar la mezcla de gases y evitar que el cloro quede depositado en el fondo.

**Anhidrido sulfuroso.** — Se utilizó anhidrido sulfuroso comercial, envasado a presión en cilindros de hierro. El análisis de este gas, realizado como se describe más adelante, arrojó prácticamente una pureza del 100 %. La mayor dificultad con que se tropezó en las manipulaciones con este gas fué su extrema solubilidad, por lo cual se ensayaron varios líquidos para desalojarlos antes de encontrar uno en el cual ésta fuera reducida. El más apropiado de los líquidos ensayados es la vaselina líquida saturada de anhidrido sulfuroso, pero la extrema viscosidad de esta sustancia vuelve muy incómodas y lentas todas las operaciones, por lo cual hubo que recurrir al agua, que se aislaba del gas por una capa flotante de la mencionada sustancia.

Para analizar este gas se utilizó la misma bureta de gases empleada para el cloro, con idéntico sistema de vasos comunican-

tes. Para llenarla, se la conectaba por medio de un tubo de goma con el cilindro de anhidrido sulfuroso, haciendo pasar durante un rato, con ambas llaves de la bureta abierta, una fuerte corriente de gas hasta tener la seguridad de que está llena. Se cierra luego la llave del cilindro y las dos de la bureta, y estableciendo enseguida el mencionado sistema de vasos comunicantes, se desaloja el gas por medio de agua cubierta por una capa de varios centímetros de vaselina líquida. El gas desalojado se recoge en solución n°10 de hidrato sódico, valorando luego el hidrato sódico restante por medio de solución n°10 de ácido clorhídrico. Como ya hemos dicho, la riqueza del gas en anhidrido sulfuroso pudo considerarse prácticamente de 100 por 100.

Para introducir las dosis de gas en los recipientes de fumigación se emplearon botellas de 1 litro en cuyo fondo se colocaba previamente una capa de varios centímetros de vaselina líquida. Por medio de un tubo de vidrio unido al cilindro de anhidrido sulfuroso por otro de goma (fig.5) se hace llegar al fondo de la botella, encima de la capa de vaselina, una corriente suave de gas que se mantiene durante un rato (procediendo bajo campana de tiro forzado o al aire libre) hasta tener la seguridad de que todo el aire ha sido desalojado. Luego se retira el tubo de llegada del gas, y se tapa la botella con un tapón similar al empleado para el cloro (figura6) cuyo largo tubo llega hasta el fondo. Por medio del embudo de llave b se hacen llegar, debajo de la capa de vaselina, cantidades de agua equivalentes a los volúmenes calculados para el gas. Como en el caso del cloro, previamente a la extracción de la primera dosis se purga de aire el aparato y los tubos, desalojando del modo descrito cierta cantidad de gas, antes de introducir el tubo de salida en el recipiente de fumigación.

Agregada la dosis de fumigante se retira el dosificador, y se procede como para el cloro al tapado y agitación del recipiente de fumigación.

#### **Sustitución del aire por anhidrido carbónico en las experiencias con atmósfera de dicho gas.**

Se empleó anhidrido carbónico comercial envasado a presión en botellas de hierro. Para sustituir el aire del recipiente de fumigación por dicho gas se procede como se ve en la figura 7. El anhidrido del cilindro a se envía por el tubo b al fondo del recipiente de fumigación donde se encuentra el grano para fumigar. El aire, más liviano, escapa por el tubo corto c. El tiempo necesario para sustituir todo el aire del recipiente de fumigación por anhidrido carbónico fué calculado empleando uno de

dichos recipientes lleno de agua a modo de cuba hidroneumática como se vé en la figura 8. Para tener la seguridad de haber sustituido todo el aire se deja correr el gas durante un tiempo mucho mayor que el necesario.

En los ensayos de fumigación con cantidades variables de anhidrido carbónico, se midieron éstas indirectamente, sustituyendo por anhidrido carbónico cantidades determinadas de aire medidas por el procedimiento ilustrado en la figura 9.

#### Aeración del grano.

Transcurrido el plazo determinado para cada fumigación, el grano se extiende en capa delgada sobre un papel de embalaje de mts. 0.70 x 0.90 donde permanece 15 minutos para eliminar los restos de fumigante. Transcurrido el plazo se embolsa cada porción de grano en una bolsa de papel fuerte cuya parte superior se pliega repetidas veces para evitar que se escapen los insectos sobrevivientes. Al fin de este plazo de 24 horas se procede a la separación de los insectos del grano por el siguiente procedimiento: se divide la porción de grano en tres partes que se pasan una tras otra por un tamiz constituido por un bastidor de madera de mts. 0.50 x 0.30, construido con listones de 6 cms. de altura y tejido de alambre de fiambrera cuyas mallas miden aproximadamente 2 mm. de lado. Este tamiz retiene los granos y deja pasar los insectos, granos rotos, pequeñas semillas extrañas, polvo, y otras impurezas. Este material que pasa el primer tamiz se zarandea en un segundo tamiz más fino que retiene los insectos (*Sitophilus oryzae*) y deja pasar las impurezas menores y el polvo. Naturalmente que quedan junto con los insectos todos los objetos que tienen aproximadamente su mismo tamaño.

Los insectos se guardan en una caja de cartón cilíndrica (10 cms. de diámetro, 5 cms. de altura) donde permanecerán otras 24 horas, transcurridas las cuales se procede al recuento.

El objeto de estos dos plazos de 24 horas es permitir a los insectos inmovilizados por el fumigante recobrar el movimiento. Si el recuento se realiza inmediatamente después de la fumigación, la totalidad de los insectos están inmóviles y no pueden distinguirse los muertos de los vivos.

#### Separación de insectos muertos y vivos.

Se procede de diferente manera según la cantidad de insectos sobrevivientes.

Cuando han sobrevivido muchos insectos, lo que se ve in-

mediatamente al destapar la caja luego de las 24 horas del reposo, conviene proceder así: se coloca la caja, con la tapa a un lado, dentro de una bolsa de papel (similar a las que se han empleado para guardar el trigo) cerrándola por medio de pliegues. Esta bolsa se pone en un lugar bien iluminado o mejor al sol, con lo cual los insectos vivos abandonan la caja y trepan por las paredes de la bolsa hacia las partes superiores. A los 15-20 minutos puede abrirse la bolsa con cuidado para que los gorgojos de las paredes no caigan nuevamente en la caja, retirar ésta que todavía tiene muchos insectos vivos y taparla. Seguidamente se invierte la bolsa sobre un papel y se hacen caer en él los insectos, pegando papirotazos en sus paredes. De este papel se pasan rápidamente los insectos vivos a un recipiente (que puede ser una caja igual a la anterior y que se marcará con el mismo número) y en el cual se echa un poco de tetracloruro de carbono para matarlos y poder manipularlos y contarlos con facilidad. Con los restantes insectos vivos que quedan en la caja mezclados con los muertos se procede de la manera que se describe para el caso siguiente.

Cuando los insectos sobrevivientes son pocos, no es necesario proceder de la manera descrita, y basta simplemente ir extendiendo sobre una hoja de papel blanco, en pequeñas porciones cada vez, el contenido de la caja. A los pocos segundos de haber extendido cada porción, los insectos vivos comienzan a moverse o caminar y pueden ser fácilmente retirados con una pinza y guardados dentro de un recipiente cualquiera donde se los matará con tetracloruro de carbono u otra sustancia tóxica.

Esta separación de muertos y vivos se efectuó siempre, en el transcurso de las experiencias, 24 horas después de separados los insectos del trigo. Aunque el recuento posterior puede diferirse cuanto se deseé, la separación debe hacerse dentro de un plazo fijo y uniforme, ya que es de suponer que un cierto número de insectos continúan muriendo por causas ajenas o no a la fumigación en el tiempo que sigue a ésta.

#### ***Recuento.***

Se procedió de diferente manera según los casos. Ante todo hay que advertir qué siempre se cuentan insectos muertos, pues una vez separados los que han sobrevivido a la fumigación, es necesario matarlos para poder manipularlos sin inconvenientes. En adelante, al referirnos a insectos "vivos" o "muertos", se sobreentiende que todos están muertos, pero que los primeros han sobrevivido a la fumigación y no así los segundos. Desde

el punto de vista del recuento, la diferencia es importante, pues debido al sistema empleado para separarlos, los primeros (vivos) no están mezclados con granos rotos, semillas y toda clase de impurezas como los segundos (muertos).

Cuando los insectos son pocos, ya sean "vivos" o "muertos", lo más conveniente es extenderlos sobre un papel blanco, y contarlos directamente, separándolos hacia un lado con una espátula u otro instrumento apropiado a medida que se los va contando. Para evitar errores, conviene ir formando con ellos montoncitos de 50 o 100 insectos.

Cuando los insectos son muchos se procede del siguiente modo:

Si son insectos "vivos", se pesa (en balanza que aprecie 1 cgr.) la cantidad total y luego, contando los ejemplares contenidos en 0.25 grs. se calcula la cifra total por simple regla de tres.

Cuando se trata de insectos "muertos" se pesa igualmente la cantidad total y se cuentan luego los insectos contenidos en 0.5 grs. revolviendo bien con una espátula el contenido de la caja antes de extraer este medio gramo para contar. La razón de mezclar el contenido y de pesar medio gramo en vez de un cuarto radica en las sustancias extrañas mezcladas con los insectos, que harían inexacto el recuento de cantidades muy pequeñas y mal mezcladas. El número total se calcula como en el caso anterior, por regla de tres.

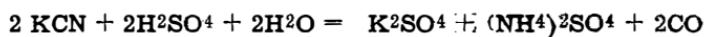
#### **Fumigación con gas ácido cianhídrico.—**

El plan de fumigaciones a realizar incluía experiencias con ácido cianhídrico. Al intentar la realización de las mismas se tropezó con grandes dificultades en la dosificación de dicho gas, que no pudieron ser resueltas por el momento, quedando a estudio de los técnicos del Instituto de Química Industrial. A continuación relato las principales experiencias llevadas a cabo con dicho gas.

Según la reacción teórica, el ácido sulfúrico forma cianuros alcalinos, ácido ciánhídrico y el sulfato correspondiente.



Pero es sabido que esta reacción teórica no se cumple, ya que el ácido sulfúrico concentrado descompone el HCN formando según la reacción



Aún empleando ácido sulfúrico diluido, la reacción teórica no se realiza y las cantidades de HCN desprendidas son variables según la cantidad de agua. Diversos autores recomiendan, como proporciones óptimas para obtener el máximo rendimiento en HCN, los siguientes:

KCN	.....	1	parte
H <sub>2</sub> O	.....	1	"
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	.....	1	" (Schroeder)

o también:

KCN	.....	1	parte
H <sub>2</sub> O	.....	3	"
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	.....	1	" (Morril, Wogulum)

o también:

KCN	.....	1	parte
H <sub>2</sub> O	.....	2 a 4	partes
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	.....	1,5	partes (Sirrine)

A pesar de estas dificultades, esperábamos por lo menos que empleando siempre las mismas proporciones de un cianuro alcalino, agua y ácido sulfúrico, obtendríamos cantidades de HCN proporcionales al peso de cianuro empleado, pudiendo por lo tanto dosificar el gas por medio de la cantidad de cianuro. Elegimos el cianuro sódico por ser más rico que el potásico en CN e ideamos el aparato que puede verse en la figura 10. En el tubo de vidrio a se coloca el ácido sulfúrico diluido en exceso. La tubuladura b comunica con el recipiente fumigador. La cantidad de cianuro necesario para producir el volumen deseado de gas, exactamente pesada, es introducida por la boca del tubo envuelta en un trozo de papel, y el tubo es cerrado inmediatamente con tapón de goma. Instantes después, destruido el papel por la acción del ácido, se produce la reacción química, escapando el gas hacia la cámara de fumigación por la tubuladura b. Terminada la reacción, se aplica una pera de goma en el tubo de goma d, prolongación del de vidrio c que atraviesa el tapón, y abriendo la llave e se hace pasar cierta cantidad de aire para arrastrar a la cámara fumigadora todo el gas que quede en él.

Los recipientes de fumigación fueron preparados como lo muestra la figura 11. Los tubos de vidrio a y b prolongados por otros de goma atraviesan el tapón. Por el tubo a llega el gas (densidad 0.901 con relación al aire) saliendo una cantidad equivalente de aire por el tubo b. Una vez introducida la dosis de gas en el recipiente, se cierran las dos llaves c y e' y se agita el recipiente para homogeneizar el contenido gaseoso. Transcurrido el tiempo de fumigación, manteniendo el recipiente al aire libre o bajo campana de tiro forzado, se abren ambas llaves.

ves y se hace pasar una corriente de aire por el tubo **b** para desalojar el gas y poder enseguida vaciar el grano sin peligro para el operador.

Preparado de esta manera el material, procedí a verificar la cantidad de HCN desprendida por un peso dado del cianuro sódico en presencia de ácido sulfúrico diluido. Para ello empleé el aparato generador de gas y la técnica descrita, pero reco-giendo el gas producido en una solución de hidrato sódico a través de la cual se le hacía barbotar por medio de un tubo afilado en su extremo como se vé en la figura 12. El hidrato sódico se coloca en un matraz aforado de 500 c.c. en la proporción de 250 c.c. de agua y 10 c.c. de lejía de soda de densidad 1,33.

Terminado el desprendimiento de gas se hace pasar de la manera descrita, por medio de una pera de goma aplicada en **d** una corriente de aire para desalojar todo el gas del aparato. Luego se retira del matraz el tubo de desprendimiento **f**, se agrega agua hasta enrasar, se agita y se dosifica el HCN sobre tomas de 100 c.c. extraídas con pipeta. La dosificación se hace en un matraz. Erlenmeyer agregando 10 c.c. de amoníaco y 1 cristal de yoduro de potasio como indicador, titulando finalmente con nitrato de plata n/10.

La llave **g** (figura 12) que no había sido puesta en los primeros ensayos, hubo de ser agregada posteriormente, pues el HCN es tan soluble en solución de hidrato sódico, que apenas cesado el desprendimiento activo de gas, la mencionada solución se precipitaba dentro del aparato generador. Por medio de la llave **g** se cierra la comunicación apenas el líquido comienza a ascender en el tubo **f**, abriéndose nuevamente una vez que, aplicada la pera de goma **d** puede contrarrestarse dicha ascension por una fuerte corriente de aire.

Siguiendo este sistema se efectuaron numerosos análisis, empleando cantidades pequeñas de cianuro sódico. Los resultados fueron sumamente variables, llegando finalmente a la conclusión de que por alguna causa indeterminada, cantidades iguales de cianuro desprendían volúmenes diferentes de gas. Pensando que la intervención de una sustancia extraña tal como el papel empleado para envolver el cianuro podría ser la causa de reacciones químicas que perturbaran el desprendimiento normal del gas cianhídrico, se modificó el aparato de modo que el papel pudiera ser suprimido. En la figura 13 puede verse el nuevo aparato que no difiere del anterior más que en la estrangulación **h** que sirve para sustentar el tubo **i** donde se coloca el cianuro.

Colocando el ácido en el fondo del aparato y el cianuro en

el tubo **i** se ajusta el tapón e inclinando el tubo hacia el lado opuesto a la tubuladura **b** se ponen en contacto las dos sustancias, produciéndose el desprendimiento de gas. No mejoraron con este sistema los resultados, revelando siempre los análisis que las cantidades de gas desprendidas por pesos iguales de cianuro eran sumamente variables.

Se pensó entonces que la causa de estas irregularidades radicaría: 1º en la dificultad de pesar exactamente pequeñas cantidades de cianuro que se hidratan durante la operación. 2º en la posible carbonatación más o menos avanzada de las porciones de cianuro usadas.

Analizando el cianuro sódico empleado por el mismo método descrito anteriormente, arrojó solamente un 48 % de CN en lugar de 54 % que habitualmente contiene el cianuro de sodio comercial. Esta comprobación hizo pensar que la segunda de las explicaciones supuestas era la verdadera causa de la irregularidad del desprendimiento gaseoso.

Para obviar este inconveniente hicimos una solución concentrada de cianuro sódico que titulada con nitrato de plata demostró contener exactamente un 10 % de CN. (En el transcurso de las siguientes experiencias dicha solución fué analizada todos los días antes de comenzar el trabajo, previendo una posible alteración, pero su título se mantuvo invariable.) Esta solución se usó en el generador anteriormente descrito, colocando en el tubito **i** cantidades exactamente medidas con pipeta, y mezclándolas con el ácido como en el caso anterior, inclinando el tubo hacia el lado opuesto a la tubuladura **b**. Las cantidades de gas desprendidas por este procedimiento continuaron siendo tan irregulares como en las experiencias anteriores.

Se pensó entonces en la influencia de la temperatura a la que se realizaba la reacción, y se efectuaron nuevas experiencias, manteniendo el generador a temperaturas constantes en un baño maría. Se ensayaron diversas temperaturas entre 20 y 100 grados centígrados, pero a todas ellas las cantidades de gas desprendidas por un volumen dado de solución de cianuro, continuaron siendo sumamente irregulares.

Tampoco pudo regularizarse la emisión de gas con el empleo de ácido puro o comercial en diferentes concentraciones. En todas estas experiencias las cantidades de ácido cianhídrico recogidas, variaron arbitrariamente entre el 6 y 25 % de la cantidad que debía haberse desprendido de acuerdo a la riqueza real del cianuro sódico o solución de cianuro sódico empleados.

Desechado este método por los inconvenientes expresados,

se pensó en emplear para el gas cianhídrico un procedimiento similar al utilizado para el cloro, es decir, recogerlo en una cuba neumática y dosificarlo, desalojándolo por cantidades conocidas de líquido.

En la imposibilidad de conseguir la cantidad necesaria de mercurio para emplear la cuba hidrárgironeumática, se revisó la bibliografía disponible buscando alguna sustancia líquida en la cual el gas cianhídrico fuera poco soluble. Ningún dato útil pudo conseguirse, ya que el gas cianhídrico es sumamente soluble en todos los reactivos citados por los autores consultados. Procedimos entonces a probar experimentalmente su solubilidad en diversas sustancias líquidas, especialmente derivados del petróleo, haciendo barbotar el gas a través de ellos, lavándolos luego en una bolsa de decantación y analizando por el procedimiento antes mencionado, el agua de lavado. No obtuvimos de esta manera mejor éxito, ya que todas las sustancias ensayadas disolvieron grandes cantidades de gas cianhídrico.

Desechado este método se pensó en recogerlo en seco, aprovechando su menor densidad con relación al aire (0.901). Para ello hubo que modificar todo el sistema de fumigación empleado con los otros gases, inclusive los recipientes de fumigación. El sistema empleado fué el siguiente: (figura 14). En el frasco de Wolf a se coloca cianuro sódico en pastillas. En el embudo de llave b ácido sulfúrico convenientemente diluido. Por medio de la llave c de doble paso, puede enviarse la corriente de gas en la dirección de los frascos d, g, h o hacia otra serie exactamente igual que no se ha representado en la figura.

El funcionamiento es el siguiente: se deja caer el ácido lentamente sobre el cianuro del frasco a. El gas desprendido llega al frasco d por su parte superior, desalojando poco a poco el aire que sale por el tubo e y barbotar antes de salir a la atmósfera en los frascos g y h con solución de hidrato sódico. Una vez cesado el barbotaje en g, señal de que el gas que sale es cianhídrico puro y se disuelve totalmente en la soda, se deriva la corriente gaseosa hacia la otra rama del aparato por medio de la llave c y mientras se llena el otro frasco homólogo de d se cierran las llaves f y f' y se sustituye éste por otro.

Los frascos d de distintos tamaños fueron calibrados cuidadosamente para que, incluyendo el volumen de las ampollas e y e', contuvieran exactamente la dosis de gas a emplear en cada experiencia.

Los recipientes de fumigación descritos anteriormente fueron sustituidos por los que muestra la figura 15 de boca ancha y tapa de vidrio esmerilada cuyo cierre se hacía herméticamente.

tico por medio de vaselina. En ellos sería colocado, sobre el tri-gó el frasco d con la dosis de gas cianhídrico, que sería liberada una vez cerrado el frasco fumigador, rompiendo contra las paredes por un movimiento de vaivén las finas ampollas e y e'.

El aparato de la figura 14 hubo de ser modificado. La solubilidad del ácido cianhídrico en las soluciones de hidrato sódico es tan grande que en cuanto el gas alcanza el primer frasco lavador g destinado a retenerlo, el líquido se precipita dentro del frasco d e invade luego el resto del aparato, cualquiera sea la velocidad con que se produzca el gas en a. Para impedir que esto sucediera se idearon las modificaciones de los frascos lavadores que pueden verse en la figura 16.

Los tubos de bolas i, i' descienden solamente un par de centímetros bajo la superficie del líquido, de modo que al producirse la absorción sólo una pequeña parte de éste, insuficiente para llenar las esferas, puede subir por ellos siendo de esta manera imposible que llegue al frasco d.

El aparato funcionó bien desde este punto de vista, pero una vez preparado todo el material para iniciar la serie de fumigaciones y puesto en marcha para llenar todos los frascos de capacidad exactamente medida según las dosis necesarias para cada una de ellas, surgieron dificultades que hicieron imposible su utilización práctica. Para el primer frasco todo marchó bien, pero luego el gas cianhídrico que se condensa a 26 °C. comenzó a licuarse dentro de los tubos del aparato y los frascos colectores. Al sustituir los frascos llenos por otros vacíos, el gas licuado caía sobre las manos del operador, poniendo en peligro su vida y a pesar de trabajar bajo campana de tiro forzado, un fuerte olor a ácido cianhídrico se extendió por todo el laboratorio causando la alarma consiguiente.

El gas de los pocos frascos obtenido no pudo ser empleado en la experiencia, pues en el fondo de ellos quedaron pequeñas porciones de gas condensado, lo que falseaba totalmente el cálculo de la capacidad de cada uno. Para analizar el gas contenido en un frasco de 100 c.c. se hizo entrar en él la solución de hidrato sódico. Titulado luego el cianuro formado resultó equivalente a un volumen de un litro de gas aproximadamente depositado en el fondo.

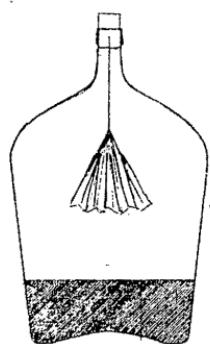


Fig. 1

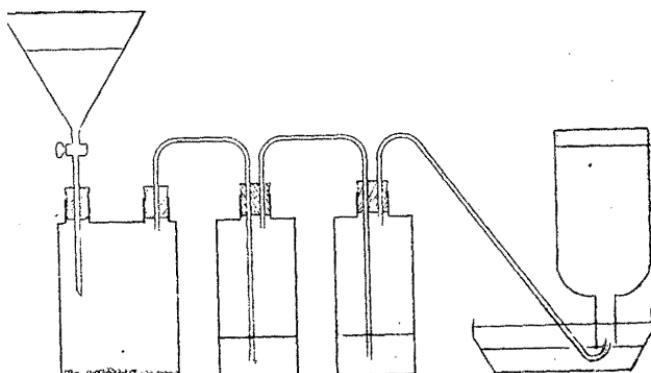


Fig. 2

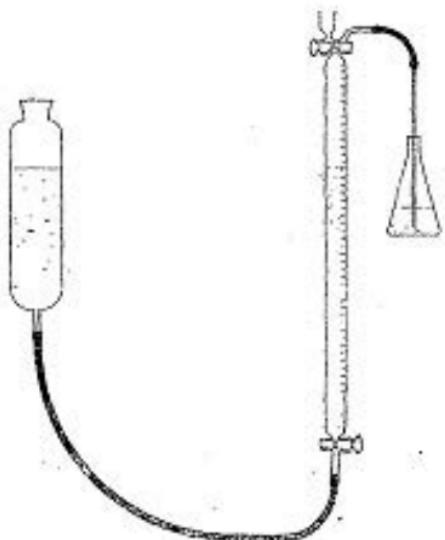


Fig. 3

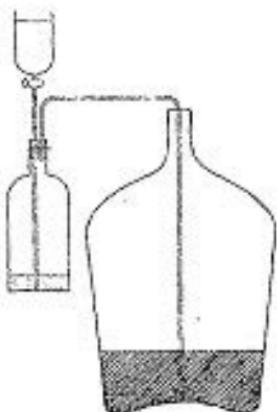


Fig. 4

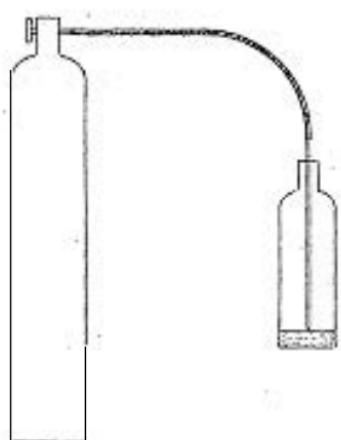


Fig. 5

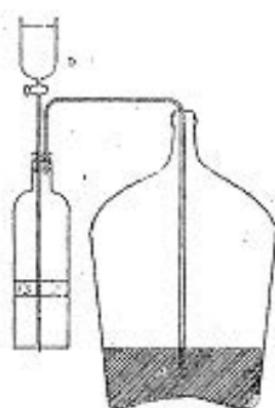


Fig. 6

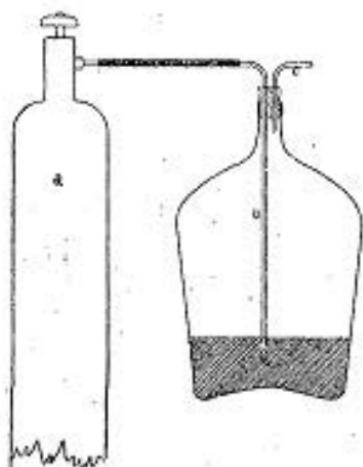


Fig. 7

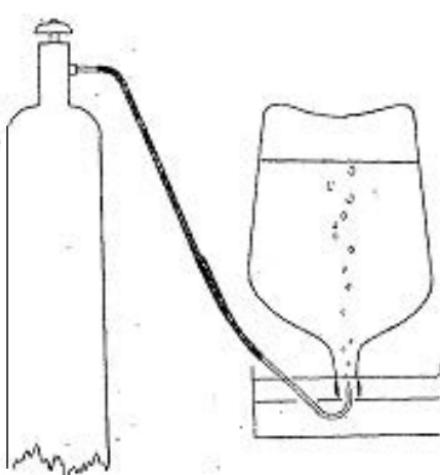


Fig. 8

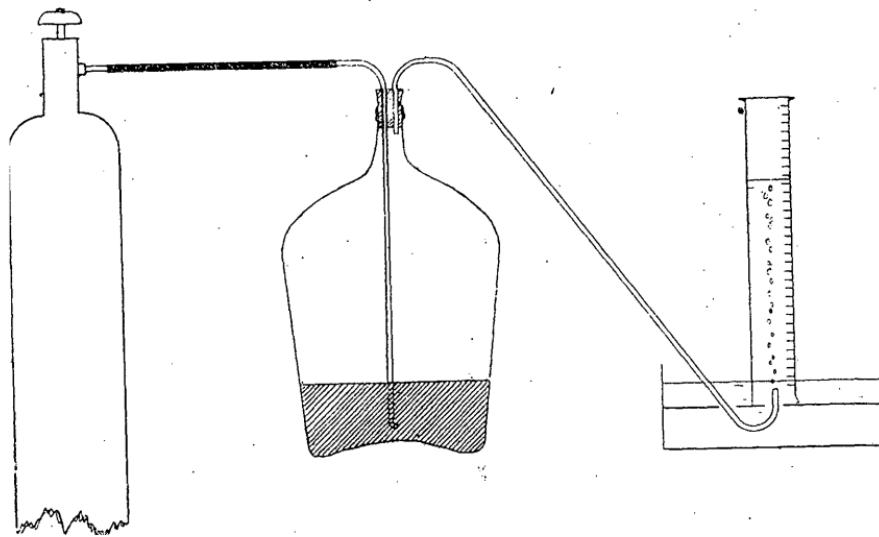


Fig. 9

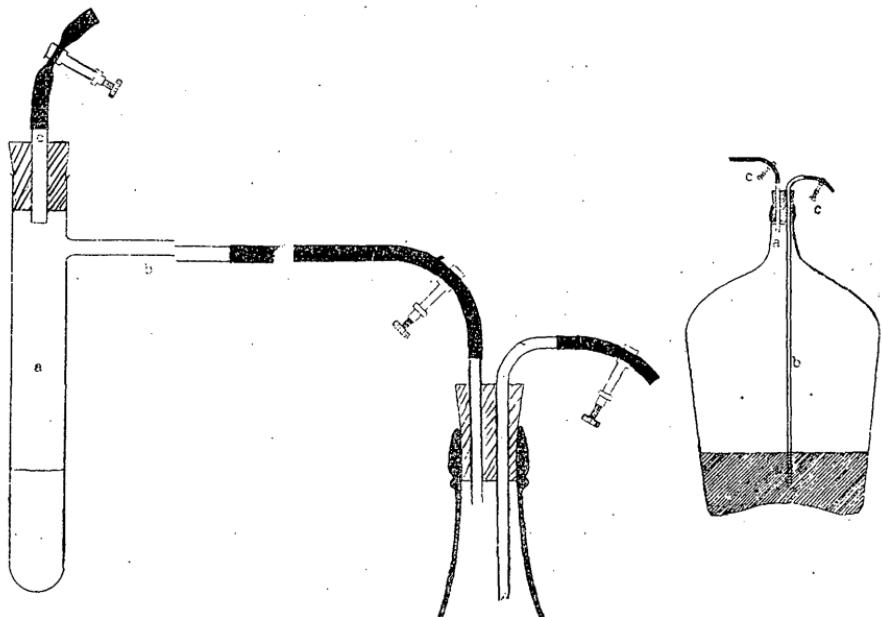


Fig. 10

Fig. 11

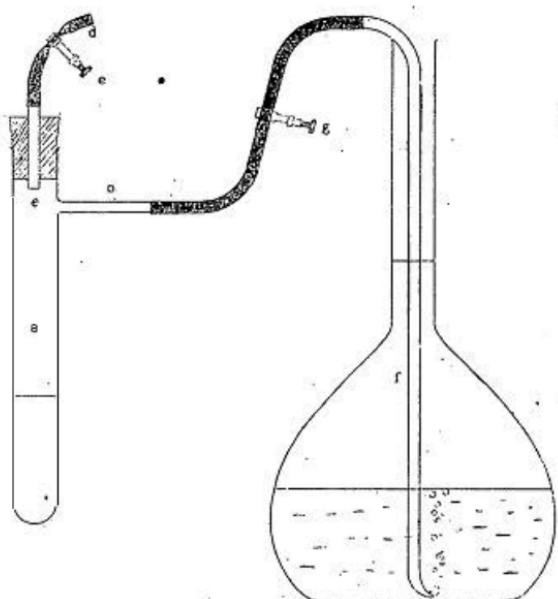


Fig. 12

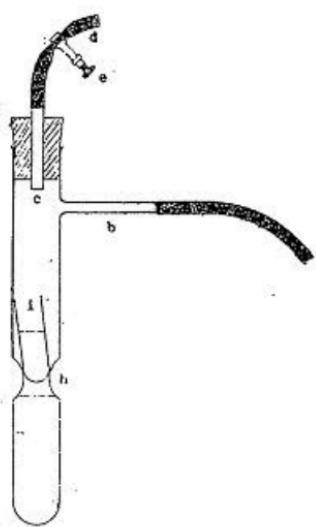


Fig. 13

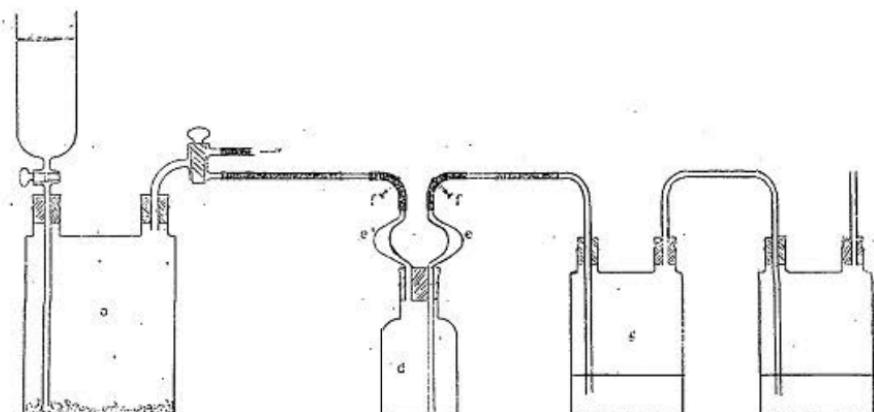


Fig. 14

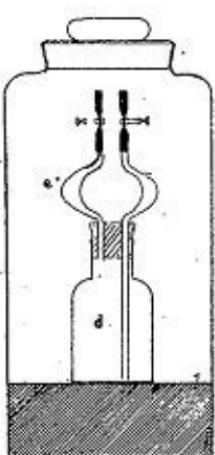


Fig. 15

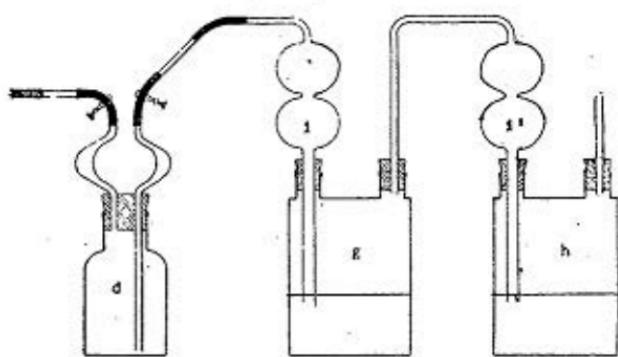


Fig. 16