

## Tesis de Posgrado

# Aplicación de diferentes agentes para evitar condiciones ofensivas en aguas contaminadas : estudio comparativo sobre la acción del "Agua de cloro", "Perclorón", nitrato de sodio y óxido de calcio

Pigretti, Jorge A.

1943

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

**Cita tipo APA:**

Pigretti, Jorge A.. (1943). Aplicación de diferentes agentes para evitar condiciones ofensivas en aguas contaminadas : estudio comparativo sobre la acción del "Agua de cloro", "Perclorón", nitrato de sodio y óxido de calcio. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0338\\_Pigretti.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0338_Pigretti.pdf)

**Cita tipo Chicago:**

Pigretti, Jorge A.. "Aplicación de diferentes agentes para evitar condiciones ofensivas en aguas contaminadas : estudio comparativo sobre la acción del "Agua de cloro", "Perclorón", nitrato de sodio y óxido de calcio". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1943. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0338\\_Pigretti.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0338_Pigretti.pdf)

**APLICACION DE DIFERENTES AGENTES PARA EVITAR CONDICIONES**  
**OFENSIVAS EN AGUAS CONTAMINADAS.-**

**Estudio comparativo sobre la**  
**acción del "Agua de Cloro", "Perclorón".**  
**Nitrato de Sodio y Oxido de Calcio.-**

Tesis presentada por Jorge A. Pigretti, a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Buenos Aires, para optar al título de Doctor en Química.

Buenos Aires, noviembre de 1943.-

*Elis:* 338

Esta tesis fué ejecutada en los Laboratorios de Obras Sanitarias de la Nación, bajo la dirección del - Dr. Carlos E. Gietz. El autor agradece al Jefe de los mis mos, Dr. Rogelio A. Trelles, la amplia colaboración prestada; y agradece especialmente al Dr. Carlos E. Gietz, la dedicación y el esmero con que dirigió este trabajo.

Agradece también al Dr. Roberto F. Recoder - las sugerencias aportadas, y el haber accedido a presen - tar esta tesis a la Mesa Examinadora.

# INDICE

Página N°

## A - INTRODUCCION

- a) Consideraciones generales y antecedentes. 1
- b) Objeto del trabajo. 10

-----

## B - PARTE EXPERIMENTAL

12

### I

#### PLAN DE TRABAJO

13

### II

#### DETERMINACIONES PRELIMINARES, METODO OPERATORIO Y TECNICAS.-

- a) Características y análisis de la muestra. 14
- b) Método operatorio. 16
- c) Técnicas analíticas seguidas y material de laboratorio empleado. 17

### III

#### TRATAMIENTO DEL LIQUIDO CLOACAL PARA EVITAR LA PRESENCIA DE HIDROGENO SULFURADO.-

- a) Acción del "AGUA DE CLORO". 21
- b) Acción del "PERCLORON". 28
- c) Acción del NITRATO DE SODIO. 35
- d) Acción del OXIDO DE CALCIO. 40
- e) Análisis comparativo de los resultados obtenidos con los diferentes tratamientos. 45

IV

TRATAMIENTO DEL LIQUIDO CLOACAL PARA REDUCIR LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO.-	49
a) Acción del " <u>AGUA DE CLORO</u> ".	52
b) Acción del " <u>PERCLORON</u> ".	54
c) Acción del <u>NITRATO DE SODIO</u> .	56
d) Acción del <u>OXIDO DE CALCIO</u> .	59
e) Análisis comparativo de los resultados obtenidos con los diferentes tratamientos.	61

V

TRATAMIENTO DEL LIQUIDO CLOACAL PARA REDUCIR EL NUMERO DE GERMESES.-	64
a) Acción del " <u>AGUA DE CLORO</u> " sobre las bacterias del grupo Coli-aerógenes.	64
b) Acción del " <u>PERCLORON</u> " sobre las bacterias del grupo Coli-aerógenes.	67
c) Acción del <u>OXIDO DE CALCIO</u> sobre las bacterias del grupo Coli-aerógenes.	71
d) Análisis comparativo de los resultados obtenidos con los diferentes tratamientos.	71

-----•-----

<u>C - APLICACION EN LA PRACTICA DE LOS TRATAMIENTOS ENSAYADOS EN EL LABORATORIO</u>	75
--	----

-----•-----

<u>D - CONCLUSIONES GENERALES</u>	79
-----------------------------------	----

-----•-----

<u>E - BIBLIOGRAFIA</u>	87
-------------------------	----

-----oOo-----

A - INTRODUCCION

# F. O. F. N. A.

## a) CONSIDERACIONES GENERALES Y ANTECEDENTES.

La descarga de líquidos cloacales y de residuos industriales en un curso de agua, crea una serie de problemas sanitarios cuya solución, resulta de interés encarar.

Estas descargas, generalmente ricas en residuos de naturaleza orgánica putrescible y con un contenido exiguo o nulo de oxígeno disuelto, presentan en cambio una elevada "demanda bioquímica de oxígeno (')", difícil de satisfacer con el que se halla disuelto en el agua que las recibe. En estas condiciones, pronto se agota el oxígeno disuelto; los organismos anaerobios comienzan entonces a decomponer los compuestos minerales oxigenados como nitratos y sulfatos, extrayendo de estos el oxígeno necesario para su vida. La descomposición de los primeros, no produce condiciones ofensivas; en cambio, el ácido sulfhídrico que se obtiene por reducción de los sulfatos, se caracteriza por su olor intenso, por su acción corrosiva sobre las estructuras metálicas y su fuerte toxicidad, motivos por los cuales debe evitarse su formación. Las condiciones que determinan la formación de ácido sulfhídrico son (1) :

- 1) Presencia de sulfatos : se encuentran siempre en el líquido cloacal, provenientes de agua de consumo, de las deyecciones y los desechos industriales que llegan a la cloaca.

---

(').- Se denomina "demanda bioquímica de oxígeno" (se abrevia frecuentemente así : D.B.O.) de un líquido contaminado, al oxígeno expresado en partes por millón, que este líquido consume, en la descomposición de la materia orgánica por acción de las bacterias aerobias.

Para que este proceso de descomposición se complete a 20°C con la consiguiente estabilización o mineralización de la sustancia orgánica, se requiere más de 100 días. Por eso como método "standard" se fija un período de incubación de 5 días a 20°C ("Standard Methods of Water Analysis". 8a. edición - (1936), publicado por: "American Public Health Association and American Water Works Association".-

- 2) Número elevado de organismos reductores de sulfatos : el agente más importante de esta reducción es el "Vibrio desulfuricans", que ha sido aislado del líquido cloacal. - Starkey <sup>(2)</sup> ha comprobado que esta bacteria forma esporas, siendo por tanto más resistente a la acción de los desinfectantes.
- 3) Ausencia de oxígeno disuelto : la reducción de sulfatos a hidrógeno sulfurado no tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto.
- 4) Concentración elevada en sustancia orgánica : característica frecuente de los líquidos cloacales y residuos industriales.
- 5) Temperatura : a mayor temperatura se aceleran los procesos de descomposición, se favorece la reproducción bacteriana, y se disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua.

La técnica sanitaria dispone de diversos métodos para prevenir o reducir los procesos de putrefacción, evitando la aparición de condiciones sépticas y la producción de ácido sulfhídrico en los cursos de agua contaminada. Estos métodos de tratamiento están condicionados a la calidad y al caudal de la descarga y del receptor; y también a la utilización ulterior de éste.

Se puede por ejemplo diluir el receptor con agua saturada de oxígeno, o practicar su aeración. En ambos casos, se debe suministrar una cantidad suplementaria de oxígeno disuelto suficiente para impedir la aparición de condiciones sépticas. Pero es más frecuente y en general más aconsejable que el tratamiento se aplique al efluente cloacal o residual antes de su descarga.

La contaminación que ésta produce en el curso de agua que la recibe, se puede entonces reducir lo suficiente como -



para ser contrarestanda por los procesos de autopurificación del receptor.

El tratamiento de purificación de un líquido cloacal puede tener intensidad variable; pero en todos los casos debe evitar o por lo menos retardar la presencia de ácido sulfhídrico. Con ese objeto se recurre a distintos procedimientos de los cuales los más corrientes son<sup>(1)</sup>:

1) Cloración.- El cloro se aplica generalmente al estado gaseoso o como hipocloritos. Posee una marcada acción desodorizante pues destruye el ácido sulfhídrico ya formado y retarda la producción de nuevas cantidades por su acción inhibitoria sobre el desarrollo bacteriano. Este retardo se observa aún con dosis inferiores a la que satisface la demanda de cloro<sup>(2)</sup>. Trabajos recientes de Heukelekian<sup>(3)</sup> estudian la relación que existe entre la dosis de cloro expresada como porcentaje de la demanda de cloro total y el retardo que se obtiene en la producción de hidrógeno sulfurado.

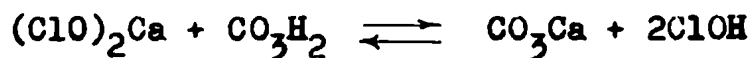
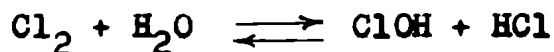
El cloro actúa también como desinfectante<sup>(4)</sup> y su empleo con este fin es muy amplio. Para conseguir una desinfección intensa debe mantenerse una pequeña dosis de cloro libre, después de satisfecha la demanda de cloro.

Se ha pretendido explicar de varias maneras la acción germicida del cloro<sup>(4)</sup>.

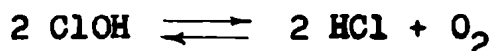
Una teoría sostiene la formación de ácido hipocloroso - oxidante energético - cuando se agrega agua de cloro o hipoclorito de calcio al líquido cloacal :

(1).- Los tratamientos que se enumeran a continuación se emplean cuando no se puede practicar una purificación intensiva del líquido contaminado, o cuando ésta no se justifica.

(2).- La demanda de cloro de un líquido contaminado es la cantidad de cloro que, como agua de cloro, se necesita agregar a un litro de líquido para que tenga después de 10 minutos del agregado - 0,1 mg/l de cloro libre. La cantidad de cloro necesaria para clorar un líquido, depende de la droga usada (Obras Sanitarias de la Nación. Métodos de Análisis - 1943).-



El ácido hipocloroso producto de cualquiera de las reacciones anteriores produce oxígeno nascente :



Muchos autores opinan que el cloro destruye las bacterias por otros mecanismos además de la oxidación. En apoyo de esto se cita el hecho que el permanganato de potasio y el ozono, oxidantes más enérgicos que el cloro son sin embargo germicidas más débiles. Se sabe también que las cloraminas, que carecen de poder oxidante en ciertos casos son más activas que el cloro o los hipocloritos.

La acción bactericida del cloro se atribuye a su acción sobre el protoplasma superficial, que altera la permeabilidad de las paredes celulares con la consiguiente salida del contenido de la célula. Otra teoría sostiene que el cloro se combina con el protoplasma bacteriano, formando complejos orgánicos clorados. También se le asigna un poder precipitante sobre las proteínas de las bacterias.

Muchos factores influyen sobre la medida en que el cloro reduce el número de bacterias del líquido cloacal. Los más importantes son :

- 1) El pH del líquido : los estudios realizados por Johns (5), Mallmann y Schalm (6), Charlton y Levine (7), y otros, demostraron que bajando el pH, aumentaba el poder germicida del cloro y sus compuestos.
- 2) Concentración y naturaleza del líquido cloacal : la desinfección del líquido cloacal mezclado con residuos industriales o que posee una elevada "demanda bioquímica de oxígeno", requiere más cloro que el líquido cloacal poco concentrado. Además el líquido cloacal bruto (sin tratar)

exige una cloración más intensa que aquel que se somete -  
previamente a un tratamiento de purificación.

3) Tiempo de contacto entre el cloro y el líquido tratado <sup>(1)</sup>:  
la influencia del tiempo de contacto sobre la desinfección  
fué investigado por Tiedeman <sup>(8)</sup>. Sus resultados demues -  
tran que prolongando el período de contacto se obtiene una  
desinfección más eficiente.

4) Dosis de cloro aplicada : el número de bacterias elimina -  
das varía con la dosis de cloro que se aplica. Aunque es -  
preferible en general, usar dosis de cloro suficientes co -  
mo para mantener un pequeño exceso de cloro libre, se ob -  
tiene a menudo resultados satisfactorios, usando cantida -  
des menores.

Rudolfs <sup>(9)</sup> demostró que usando cantidades de cloro infe -  
riores a la necesaria para satisfacer la demanda de cloro,  
se puede obtener una reducción considerable del número de  
bacterias, si se prolonga suficientemente el tiempo de con -  
tacto.

Además de su acción desodorizante y desinfectante, el clo -  
ro reduce la demanda bioquímica de oxígeno.

La cloración de los efluentes cloacales con este objeto, -  
es aconsejable en los casos que la planta de tratamiento -  
trabaja sobrecargada o cuando en ella no se puede suminis -  
trar al líquido un tratamiento de purificación adecuado.

---

(1).- En Ingeniería Sanitaria se denomina "período de contacto" al -  
lapso durante el cual el líquido, después de clorado, permanece  
en reposo, exista o no cloro libre. La denominación, aunque apa -  
rentemente confusa se justifica porqué aunque el cloro libre de -  
saparezca, los derivados clorados que se forman también poseen  
poder bactericida y siguen actuando como tales, mientras el lí -  
quido clorado no se diluya (descarga en un curso de agua) o mo -  
difique (etapas ulteriores del tratamiento).

Las conclusiones del "Committee on Sewage Disposal of the American Public Health Association" (10), respecto a la acción del cloro sobre la demanda bioquímica de oxígeno del líquido cloacal son :

- 1) Dosis de cloro que producen un cloro remanente de 0,2-0,5 p.p.m. después de 10 minutos de aplicadas, producen una reducción de la D.B.O. (5 días) de 15-35 %.
- 2) Los resultados indican una reducción mínima de 2 p.p.m. en la D.B.O. por cada p.p.m. de cloro absorbido.
- 3) El uso de cloro, con la consiguiente perturbación de la flora y fauna del líquido cloacal, ocasiona dificultades en el uso de la D.B.O. como prueba o índice de los efectos de la cloración.
- 4) La cloración del líquido cloacal con dosis no inferiores a su demanda de cloro, retarda el proceso de descomposición normal, evitando condiciones anaerobias en el período crítico de rápido consumo de oxígeno. Este retardo en la descomposición hace posible la reaeración y la dilución del líquido cloacal en el curso de agua en el cual se descarga, manteniéndose condiciones aerobias.
- 5) En el caso de corrientes de agua con grandes depósitos de lodo, el efecto del cloro residual conducido por el efluente, puede ser muy escaso.

En cuanto al mecanismo por el cual el cloro reduce la D.B.O., Enslow (11) estableció que esta reducción no puede atribuirse exclusivamente a la liberación de oxígeno por el cloro. De acuerdo a la ecuación :



1 mg de cloro produce 0,225 mg de oxígeno. Hemos visto que se acepta como valor promedio que 1 mg/l de cloro absorbi-

do reduce la D.B.O. en 2 mg/l. Se observa que de acuerdo a los resultados experimentales 1 mg de cloro equivale (para la D.B.O.) a 2 mg de oxígeno; en tanto que según la ecuación anterior 1 mg de cloro sólo libera 0,225 mg de oxígeno (aproximadamente 10 veces menos).

La acción del cloro se explica por su reacción con los cuerpos nitrogenados (especialmente con amino-grupos) con la producción de compuestos cloro substituidos. Esta reacción los hace inaptos para el alimento de las bacterias y por tanto están menos expuestos a descomponerse. Además, muchos de estos derivados clorados, poseen propiedades antisépticas.

Rudolfs y Gehm (12) estudiaron la reducción de la D.B.O. del líquido cloacal producido por el cloro. Observaron que la reducción aumentaba a medida que aumentaba el período de incubación de las muestras para la determinación de D.B.O.; además, que al aumentar el porcentaje satisfecho de la demanda de cloro, la reducción de la D.B.O. por unidad de cloro era menor. Los resultados obtenidos con 29 muestras de líquido cloacal, dieron una reducción promedio de la D.B.O. (5 días) de 2,4 p.p.m. por p.p.m. de cloro agregado.

2) Empleo de cloruro férrico.- (Método Scott-Darcey) La aplicación de esta sal de hierro, con el objeto de evitar los inconvenientes que origina el ácido sulfhídrico fué ensayada en los Laboratorios de O.S.N., realizándose además una inyección experimental en el Riachuelo. El cloruro férrico fija el hidrógeno sulfurado como sulfuro de hierro insoluble, evitando así su desprendimiento al estado gaseoso. En el líquido cloacal la sal de hierro reacciona practicamente sólo con el hidrógeno sulfurado; el cloro en cambio reacciona también con la materia orgánica y sólo una fracción de él actúa como agente desodorizante. Desde este punto <sup>de</sup>vista, la aplicación de cloruro férrico resulta más ventajosa que la cloración. Otra ventaja consiste en que se puede mantener por varias horas en el líquido cloacal un remanente de sal de hierro que neutralice la producción ulterior de sulfhídrico. Como objeción para el empleo de este tratamiento se puede citar el encarecimien

to de la chatarra y del cloro en los momentos actuales. Además, en el ensayo realizado en el Riachuelo, el agua tomó un color negro intenso, bastante desagradable a la vista.

3) Adición de nitrato de sodio (13).- La inyección de nitrato de sodio al líquido cloacal tiene por objeto evitar o retardar la producción de sulfhídrico, y reducir la D.B.O.

Los nitratos, a semejanza de los sulfatos, pueden ser reducidos en condiciones anaerobias, usándose como fuente de oxígeno para las oxidaciones bacterianas; pero mientras la reducción de los sulfatos produce hidrógeno sulfurado, los nitratos se transforman por reducción en derivados inofensivos (nitritos, amoníaco y nitrógeno).

El líquido cloacal adicionado de nitrato de sodio, contiene además normalmente sulfatos. Para que el tratamiento impida la producción de sulfhídrico, es necesario que la reducción de los nitratos preceda a la de los sulfatos. Esto ha sido confirmado experimentalmente en diversos trabajos. Carpenter (14) por medio de un tratamiento previo con cal clorada para neutralizar el ácido sulfhídrico formado y luego nitrato de sodio para evitar la ulterior formación de este gas, redujo apreciablemente el contenido en hidrógeno sulfurado del agua tratada.

Fales (15) informó que el uso del nitrato de sodio para evitar la producción de ácido sulfhídrico en la descarga de los efluentes de fábricas de papel y de curtiembres, resulta eficiente.

Un informe de Sanborn (16) se refiere al uso del nitrato de sodio para retardar la producción de olores en los efluentes de fábricas de conserva, los cuales se recogían en una laguna. En este caso el olor provenía de la descomposición de compuestos orgánicos; el nitrato se usó como fuente de oxígeno para satisfacer en parte la demanda de oxígeno de la materia orgánica y evitar así la descomposición anaeróbica.

Ensayos de laboratorio demostraron que con dosis de nitrato de sodio suficientes como para satisfacer el 50 % de la D.B.O. se obtenía protección contra las emanaciones pútridas.

La reducción de la dosis de nitrato al 40 % ya produjo olores molestos; y con dosis menores, el mal olor se acentuó.

Las experiencias que anteceden han comprobado que, de las posibles fuentes de oxígeno que disponen las bacterias del líquido cloacal a saber : oxígeno disuelto, nitratos y sulfatos, el orden en que se utilizan es el que se ha seguido al enumerarlas. No hay reducción de nitratos hasta que todo el oxígeno disuelto se ha agotado; y los sulfatos se reducen después de los nitratos. Esta preferente reducción de los nitratos podría atribuirse al hecho que los organismos reductores de nitratos en el líquido cloacal están en mayor cantidad que los reductores de sulfatos. Por tanto, en los conductos cloacales en los cuales se hubiera desarrollado una flora reductora de sulfatos, el efecto del nitrato no sería tan pronunciado.

Heukelekian (13) estudió el efecto de este factor, sembrando el líquido cloacal con organismos reductores de sulfatos. Los resultados demuestran que la siembra acelera la producción de hidrógeno sulfurado; pero pese a ello, las muestras sembradas y adicionadas de nitrato, al 3<sup>er</sup> día de incubación sólo contenían 1 mg/l de sulfuros totales.

4) Tratamiento con cal.— La cal reduce el número de gérmenes del líquido cloacal retardando la producción de hidrógeno sulfurado. Houston propuso por primera vez el método del exceso de cal para esterilizar el agua. Hoover (17) ha establecido que la cantidad de cal usada (pH), el tiempo de reacción y la calidad del agua son factores preponderantes en la esterilización.

El tratamiento con dosis de óxido de calcio que elevan mucho el pH, comunica al líquido cloacal un intenso olor a pescado en putrefacción (olor á aminas). Es posible sin embargo regular el

pH evitando simultáneamente el desprendimiento de sulfhídrico y el olor a aminas; pero debe recordarse también que la acción desinfectante disminuye al disminuir el pH (dentro de la zona alcalina).

Pomeroy (18) ha estudiado la relación que existe entre el hidrógeno sulfurado libre y el combinado, en función del pH. Algunos de estos valores se dan a continuación :

pH	<u>Porcentaje de sulfuros disueltos al estado de :</u>	
	Hidrógeno sulfurado	Sulfuros combinados
5,0	98	2
7,0	33	67
9,0	0,5	99,5

En general, a medida que aumenta el pH disminuye el sulfhídrico libre en equilibrio con los sulfuros combinados disueltos.

#### b) OBJETO DEL TRABAJO

En el capítulo anterior se han enumerado diversos procedimientos con que cuenta la técnica sanitaria para estabilizar efluentes contaminados.

Hemos visto que los agentes usados con este fin poseen la propiedad de neutralizar la producción de ácido sulfhídrico; algunos de ellos reducen también la D.B.O. y actúan como agentes desinfectantes.



Este trabajo tiene por objeto estudiar la acción - que, en el líquido cloacal, ejerce el cloro, el "perclorón", el nitrato de sodio y el óxido de calcio sobre :

- a) producción de hidrógeno sulfurado
- b) demanda bioquímica de oxígeno
- c) número de bacterias del grupo Coli-aerógenes (').

La comparación de los resultados obtenidos con estos diferentes tratamientos, permitirá establecer la eficiencia relativa de cada uno de ellos en las condiciones en que se ha realizado la experiencia. Claro está, que respecto a su aplicación en gran escala, las ventajas de cualquiera de estos tratamientos estarán también supeditadas al aspecto económico del problema y a las condiciones que realmente imperan en la práctica y que, por limitaciones obvias, no pueden reproducirse exactamente en el laboratorio.

---

(').- El "grupo Coli-aerógenes" incluye a todas las bacterias de forma recta, aerobias y anaerobias facultativas, Gram negativas, - que no forman esporas y que fermentan lactosa con formación de gas (23). A este grupo de bacterias se le designa también con el nombre de "bacterias coliformes".-

**B - PARTE EXPERIMENTAL**

## I

PLAN DE TRABAJO

Las variaciones que se observan en la composición del líquido cloacal, constituyen un inconveniente para comparar la eficiencia de distintos tratamientos cuando estos se aplican a diferentes muestras.

Dada la complejidad de su naturaleza, no existe la posibilidad de prepararlas en el laboratorio y reproducirlas exactamente, cuando se quiera; ni tampoco es posible conservarlas un período largo sin que se alteren. Por tanto, cuando se practica un estudio comparativo, la solución más aceptable es partir de una misma muestra y efectuar con ella y simultáneamente todos los ensayos. Por el mismo motivo, conviene trabajar con líquido cloacal sedimentado y no con líquido "bruto", pues este último contiene generalmente en suspensión partículas gruesas que impiden un fraccionamiento de la muestra original en porciones de igual composición.

La muestra original, cuyas características y análisis completo figuran en el capítulo siguiente, se dividió en varias porciones, cada una de las cuales se sometió a un tratamiento distinto, reservando una porción sin tratar. Se llenó con ésta y con cada una de las fracciones tratadas un número variable de frascos que se incubaron a 15°C. A intervalos diferentes, se extrajo un grupo de ellos de la incubadora para practicar las determinaciones analíticas correspondientes.

---

## II

### a) CARACTERISTICAS Y ANALISIS DE LA MUESTRA

La muestra estaba constituida por 150 L de líquido cloacal fresco y sedimentado 2 horas. En este intervalo se deposita - prácticamente toda la materia sedimentable que contiene el líquido - cloacal.

La muestra se extrajo en el caño de salida de las - bombas elevadoras de líquido cloacal, que se encuentran en el Establecimiento de Wilde, a donde llega para su descarga en el Río de la Plata el líquido cloacal de la ciudad de Buenos Aires. Los estudios realizados con este líquido en los Laboratorios de Obras Sanitarias de la - Nación para establecer su composición promedio, han demostrado que se trata de un líquido bastante concentrado, característica que conviene tener en cuenta al analizar los resultados de este trabajo. (La estabi- lización de un líquido contaminado se hace más difícil cuando mayor es su concentración).

El análisis completo y por duplicado de la muestra utilizada en todos los ensayos, figura a continuación :

---

ANALISIS QUIMICO

				<u>Promedio</u>
pH		7,7	7,7	7,7
Residuo total por evaporación	mg/l	940	920	930
Sólidos fijos	"	590	600	595
Sólidos volátiles	"	350	320	335
Sólidos en suspensión totales	"	110	110	110
Sólidos en suspensión fijos	"	15	15	15
Sólidos en suspensión volátiles	"	95	95	95
Sólidos sedim. en dos horas	ml/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sólidos sedim. en dos horas	mg/l	-	-	-
Sólidos sedim. en dos horas fijos	"	-	-	-
Sólidos sedim. en dos horas volátiles		-	-	-
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )		190	190	190
Alcalinidad (CO <sub>3</sub> Ca)		245	245	245
Sulfuros totales (S <sup>2-</sup> )		0,5	0,5	0,5
Nitrógeno orgánico		20	19	19,5
Nitrógeno amoniacal		30	30	30
Nitrógeno de nitritos		0	0	0
Nitrógeno de nitratos		0	0	0
Oxígeno disuelto		0	0	0
D.B.O. (5 días, a 20°C) (líquido sedim. 2 h)		240	250	245
Oxígeno consumido (MnO <sub>4</sub> K)	"	88	84	86
Cloro libre	"	0	0	0
Demanda de cloro	"	15	15	15
Hierro total (Fe)	"	2,4	2,4	2,4

EXAMEN BACTERIOLOGICO

Bacterias coliformes				
N.M.P. (millares por 100 ml)		46.000	(')	46.000

(').- Dato malogrado.-

**b) METODO OPERATORIO**

La muestra se colocó en un tambor de 200 litros de capacidad. Se inició luego su fraccionamiento utilizando una pequeña - bomba centrífuga que aspiraba el líquido cloacal y lo vertía en un ma- - traz colocado sobre una balanza y previamente tarado. Se midió así, - por pesada (') el volumen necesario de cada fracción, disminuyéndose - con este sistema de medida la aeración de la muestra. Se procedió lue- - go al tratamiento de cada una de estas porciones con el reactivo co - rrespondiente y en cantidades variables, obteniéndose las diferentes - muestras como se expone a continuación :

- 1) satisfaciendo con "AGUA DE CLORO" distintos porcentajes de la demanda de cloro de la muestra
- 2) satisfaciendo con solución de "PERCLORON" distintos porcen- - tajes de la demanda de cloro de la muestra
- 3) agregando NITRATO DE SODIO en cantidad variable
- 4) agregando OXIDO DE CALCIO en cantidad variable, con el ob- - jeto de obtener distintos "pH".

Además se conservó una fracción de la muestra sin - tratar.

Con cada una de estas diferentes muestras se llena- - ron varios frascos utilizando sifones para evitar la aeración. Los - frascos se llenaron completamente para eliminar el aire de los mismos, impidiendo su entrada ulterior por medio de un cierre hidráulico. (Ver más adelante : "Material de laboratorio empleado"). Luego se colocaron todos en una incubadora a 15°C.

(').- El peso específico de la muestra era prácticamente igual a la - unidad.-

Después de 24 horas de incubación, se extrajo de la cámara a 15°C, para determinar D.B.O., un frasco con la muestra sin tratar, y varios otros conteniendo cada uno la muestra tratada de una manera distinta. Se puede así estudiar el efecto que produce sobre la D.B.O., la calidad y cantidad de cada reactivo en un lapso de 24 horas; y qué variación experimenta en ese mismo intervalo, la D.B.O. de la muestra sin tratar.

Para determinar el efecto de los distintos tratamientos sobre la producción de sulfuros y sobre las bacterias del grupo Coli-aerógenas, se extrajeron de la cámara a 15°C, muestras a intervalos variables, determinando en cada una sulfuros totales y bacterias coliformes.

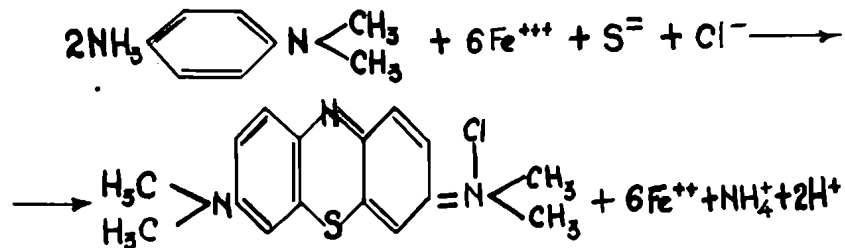
Los resultados de todas estas determinaciones, figuran en los capítulos siguientes.

### c) TECNICAS ANALITICAS SEGUIDAS Y MATERIAL DE LABORATORIO EMPLEADO

Las técnicas analíticas que se han aplicado en este trabajo son, en líneas generales, las que establecen los "Standard Methods for the Examination of Water and Sewage", 8ª edición, 1936, publicados por la American Public Health Association y la American Water Works Association. El empleo de estos métodos, consagrados en la técnica sanitaria, permite comparar los análisis obtenidos en laboratorios diferentes.

Sulfuros.- En la determinación de sulfuros no se usó sin embargo el método colorimétrico (19) recomendado por los "Standard Methods" para trabajo de rutina, pues suele dar desviaciones muy grandes. El método empleado fué el de Pomeroy (18), actualmente utilizado en los Laboratorios de Obras Sanitarias de la Nación como método oficial de análisis (20). La técnica de Pomeroy se funda en la formación de azul de metileno

a partir de la p-amino-dimetil-anilina y los sulfuros, en presencia de iones férricos :



La reacción conocida como reacción de Lauth o de Caro, fué propuesta por primera vez por E. Fischer, como ensayo cualitativo para sulfuros; posteriormente Almy y otros la utilizaron y recomendaron como método cuantitativo. Finalmente Pomeroy (18), después de estudiar las condiciones óptimas de formación de azul de metileno dió una técnica que se adapta a las exigencias de trabajo de rutina. Las determinaciones se efectúan por colorimetría. Los detalles del método, así como las limitaciones e interferencias del mismo se encuentran expuestos en la recopilación de métodos ya citada (20). En cuanto a su exactitud puede decirse que cuando se aplica a soluciones acuosas de sulfuros de sodio da resultados que difieren (término medio) en 7 % de los valores teóricos. La misma precisión se obtiene con líquido cloacal clarificado con sulfato de aluminio. Sobre líquido cloacal bruto conteniendo menos de 3 mg/l de sulfuros la aproximación es del 10 %; con muestras que contienen más de 3 mg/l los resultados son bajos oscilando las desviaciones entre el 6 % y el 22 %. A pesar de estas desviaciones el método del azul de metileno es el más preciso de los utilizables en análisis de rutina o en los casos que, como en este tra-



bajo, el número de determinaciones a efectuar por día, exige un método rápido (').

D.B.O.- Para la D.B.O. se usaron frascos del modelo aconsejado por la American Public Health Association provistos de tapón esmerilado terminado en punta y cierre hidráulico. Este se puede obtener colocando en el cuello del frasco un tubo de goma que sobrepase algo el extremo superior del tapón y que ajuste bien. Se llena luego con agua el espacio libre entre el tubo de goma y el tapón.

El agua de dilución empleada se obtuvo por destilación en aparato construido íntegramente con vidrio "Pyrex". Previa aeración, se sembró con líquido cloacal sedimentado (") y se estacionó a 20°C. Antes de usarse, se le agregó 300 mg/l de bicarbonato de sodio.

Los frascos usados para determinar D.B.O., se colocaron en una incubadora "Precision", con circulación constante de aire y un control termostático que asegura una variación máxima de  $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$  en su interior. En cuanto a la precisión del método para D.B.O., "The Royal Commission on Sewage Disposal" estableció como aceptables diferencias del 5 % entre determinaciones por duplicado sobre una misma muestra. Theriault (21) ha comprobado que se puede obtener mayor precisión en los casos en que no se requiere diluir la muestra -

---

(').- Un método más exacto que el de Pomeroy para determinar sulfuros, consiste en acidificar la muestra con  $\text{SO}_4\text{H}_2$  y arrastrar con  $\text{CO}_2$  el hidrógeno sulfurado, el cual se fija en solución de acetato de cinc. Después de 2 horas de aspiración, se agrega a ésta un volumen conocido de solución titulada de iodo, se acidifica con  $\text{HCl}$ , y el exceso de iodo se titula con solución de tiosulfato de sodio. Pero, por las razones ya expuestas, este método resultó impracticable.-

(").- El objeto de esta siembra se verá en el capítulo que estudia la acción de los diferentes agentes sobre la D.B.O.-

antes de incubarla.

Oxígeno  
consumido  
( $MnO_4K$ )

Para determinar oxígeno consumido ( $MnO_4K$ ), se siguió la técnica de Kubel-Tiemann, manteniendo el líquido a ebullición durante diez minutos. Los "Standard Methods", -prescriben en cambio, media hora de calefacción a Baño María.

Nitritos  
Y  
Nitratos.

El análisis cuantitativo de nitritos y nitratos se efectuó de acuerdo a lo establecido en los "Standard Methods". Pero previamente, se procedió en todos los casos a un análisis cualitativo según el método de Tillmans y Sutthoff (22) que consiste en tratar con difenilamina en medio sulfúrico, una porción de la muestra adicionada de cloruros. Cuando la muestra contiene oxidantes ( $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $ClO^-$ , etc.) aparece una coloración azul. En los casos que esta reacción dió resultado positivo se procedió al análisis cuantitativo de  $NO_3^-$  y  $NO_2^-$ .

Determinaciones bacteriológicas.

Las bacterias del grupo Coli-aerógenas se determinaron por el método de Wilson (26), adoptado por los Laboratorios de Obras Sanitarias de la Nación como método oficial. Consiste en incubar a  $37^{\circ}C$  durante 48 horas, las muestras sembradas en caldo de Mc Conkey (1), considerándose positivo todo tubo que muestre presencia de ácido y gas. (Más del 10 % del volumen del tubito de fermentación de Durham).

El número más probable (N.M.P.) de gérmenes del grupo Coli-aerógenas, se calcula mediante las tablas de Hokin (27).

---

(1).- Uno de los componentes del caldo Mc Conkey es el taurocolato de sodio, el cual inhibe el desarrollo de las bacterias no pertenecientes al grupo Coli-aerógenas.-

## III

TRATAMIENTO DEL LIQUIDO CLOACAL PARA EVITAR LA PRESENCIA DE  
HIDROGENO SULFURADO.

a) ACCION DEL "AGUA DE CLORO"

Se utilizó una solución de cloro en agua destilada, con un contenido de 1,63 mg de cloro por ml de solución. Los resultados de dos series de experimentos figuran en los cuadros N<sup>o</sup> 1 y 2, y están representados gráficamente en las páginas 23 y 27. En el cuadro N<sup>o</sup> 1 se observa el efecto que, sobre la concentración de sulfuros, produce la variación de la dosis de cloro, desde 0 a 100 % de la demanda de cloro total, en distintos períodos. Los resultados muestran que, satisfaciendo el 40 % de la demanda de cloro se obtiene una disminución considerable en el contenido de sulfuros hasta el décimo día de incubación. Esto se observa muy bien en el gráfico N<sup>o</sup> 1, pues al pasar del 20 al 40 % de la demanda de cloro (abscisas), disminuye notablemente la concentración de sulfuros (ordenadas) en todas las curvas, excepto en la que corresponde a un período de incubación de 2 días.

En el gráfico N<sup>o</sup> 1 a. se indica la cantidad de cloro necesaria para mantener la concentración de sulfuros totales por debajo de 1,5 mg/l durante distintos períodos. (Se acepta que valores de 1,5 mg/l ya ocasionan emanaciones inconvenientes). Se observa, que satisfaciendo el 20 % de la demanda de cloro se retarda la producción de sulfuros durante 2 días; con el 40 %, durante 6 días; y con el 60 % durante 10 días. Con dosis de cloro que satisfacen el 80 y el 100 % de la demanda de cloro, se consigue mantener la concentración de sulfuros inferior a 1,5 mg/l durante un período mayor que 10 días (');

---

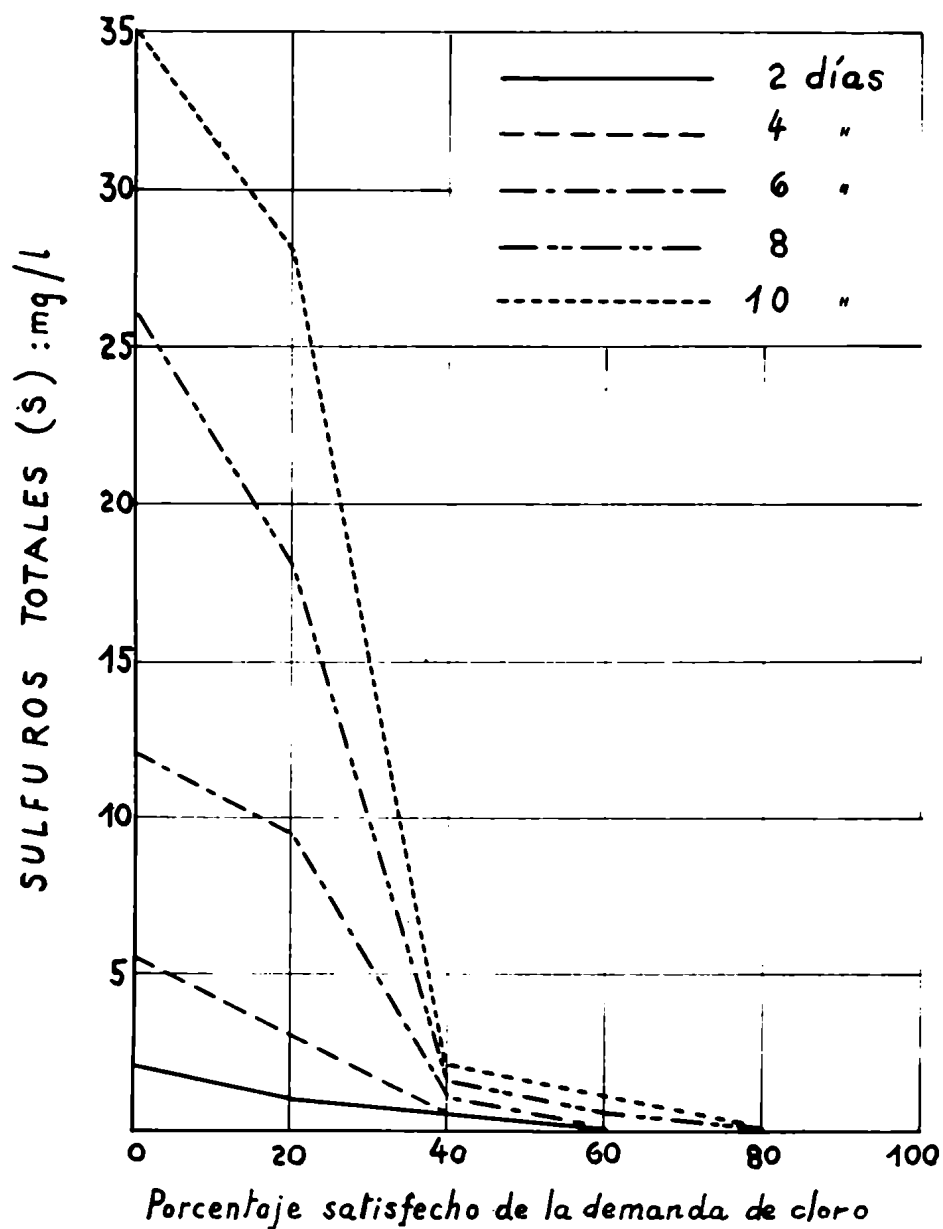
(').- El período máximo de incubación fué de 10 días.-

- CUADRO Nº 1 -

Relación entre el porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro (AGUA DE CLORO) y la concentración de sulfuros, en distintos períodos de incubación.

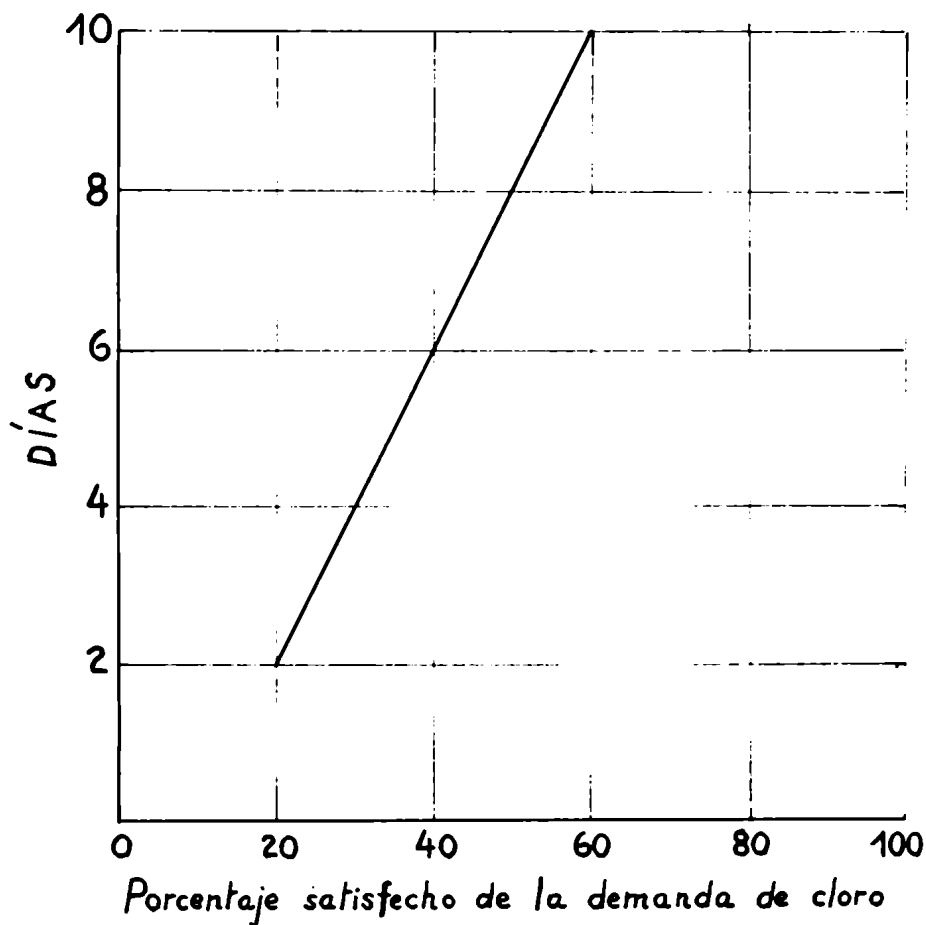
Porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro	<u>Período de incubación</u>				
	2 días	4 días	6 días	8 días	10 días
	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>
0	2	5,5	12	26	35
20	1	3	9,5	18	28
40	0,5	0,5	1	1,5	2
60	0	0	0	0,5	1
80	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0

Gráfico N° 1  
 Relación entre el porcentaje satisfecho de la  
 Demanda de Cloro (AGUA DE CLORO) y la concentración  
 de sulfuros, en distintos períodos de incubación



## Gráfico N° 1a

Relación entre el período durante el cual la concentración de sulfuros se mantiene inferior a  $1,5 \text{ mg/l}$  y el porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro (AGUA DE CLORO)



pero para determinar este período se hubiese requerido prolongar la -  
incubación.

En el cuadro N° 2 se detalla el efecto sobre la producción de sulfuros de dosis crecientes de cloro hasta el 25 % de la demanda de cloro total. Este segundo ensayo tiene por objeto estudiar la acción del cloro cuando se aplica en pequeñas cantidades; observándose que la diferencia entre las dosis consecutivas crecientes es menor que en el ensayo anterior, y que las determinaciones de sulfuros, se efectuaron también a intervalos menores.

Los resultados de esta experiencia se han representado gráficamente en la página 27. Se observa que con dosis de cloro que corresponden al 5 y 10 % de la demanda de cloro, se obtiene un retardo nulo o casi nulo en la producción de sulfuros. Satisfaciendo el 15 % de la demanda el retardo obtenido es pequeño; con dosis correspondientes al 20 y 25 % de la demanda de cloro total, el retardo obtenido en la producción de sulfuros es más apreciable, y la concentración de éstos se puede mantener inferior a 1,5 mg/l durante dos días.

Conclusiones :- Las conclusiones resultantes de estos ensayos, respecto a la acción del "agua de cloro" sobre la producción de hidrógeno -  
sulfurado son :

- 1) Dosis de cloro que satisfacen hasta el 15 % de la demanda total, no ejercen acción apreciable en la producción de -  
sulfuros.
- 2) Satisfaciendo del 20 al 25 % de la demanda de cloro se retarda la producción de sulfuros durante dos días.
- 3) Dosis de cloro que satisfacen el 40 % de la demanda total -  
retardan en forma considerable la producción de sulfuros. Con esta dosis, se consigue mantener la concentración de -  
sulfuros inferior a 1,5 mg/l durante 6 días. (Obsérvese -  
que en este mismo período el contenido en sulfuros de la -

## - CUADRO Nº 2 -

Relación entre el porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro (AGUA DE CLORO) y la concentración de sulfuros, en distintos períodos de incubación.

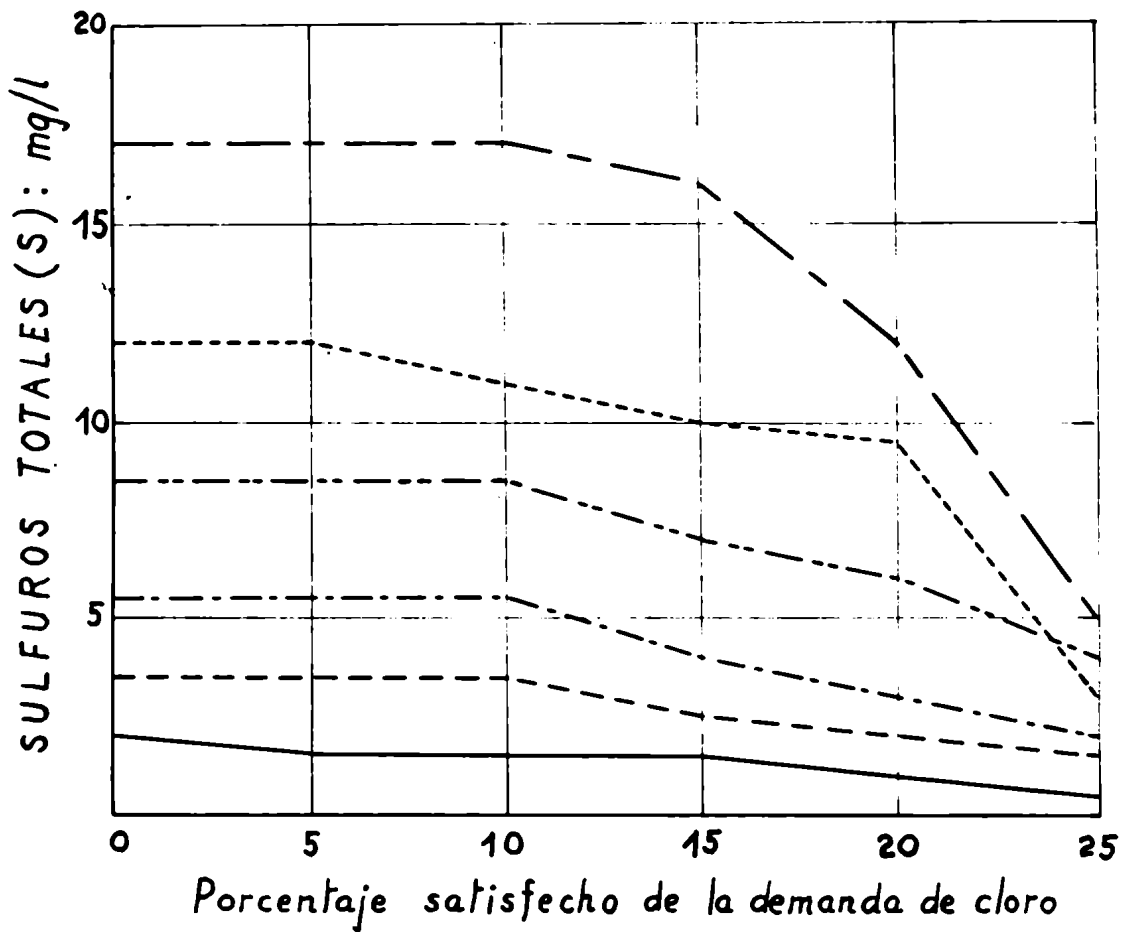
Porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro	<u>Período de incubación</u>					
	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días
	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>
0	2	3,5	5,5	8,5	12	17
5	1,5	3,5	5,5	8,5	12	17
10	1,5	3,5	5,5	8,5	11	17
15	1,5	2,5	4	7,0	10	16
20	1	2	3	6	9,5	12
25	0,5	1,5	2	4	3	5



Gráfico N° 2

Relación entre el porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro (AGUA DE CLORO) y la concentración de sulfuros, en distintos períodos de incubación.

—————	2 días
- - - - -	3 "
- · - · -	4 "
- · - - -	5 "
- · - · - · -	6 "
- · - - - · -	7 "



muestra sin tratar, alcanza a 12 mg/l).

- 4) Con dosis de cloro que satisfacen más del 40 % de la demanda total, se obtienen retardos aún mayores. (Ver cuadro N° 1).
- 5) Al pasar del 20 al 40 %, se observa en general un descenso brusco en todas las curvas que corresponden a distintos períodos de incubación. Esto sugiere la conveniencia de efectuar un estudio más detallado en esta zona, disminuyendo la diferencia entre las dosis consecutivas y acortando los intervalos en la determinación de sulfuros.

#### b) ACCION DEL "PERCLORON"

Se denomina en el comercio "PERCLORON", a un clorógeno sólido, constituido esencialmente por hipoclorito de calcio. En este trabajo se utilizó una solución de "perclorón" en agua destilada, con un contenido de 2,3 mg de "cloro útil" (') por ml de solución. Los estudios realizados recientemente por Miller, Mallman y Deve - reux (24) sobre la influencia de la dureza del agua ( $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$  - principalmente) en la estabilidad del cloro, indujeron a ensayar el "perclorón" para comparar su eficiencia con la del "agua de cloro".

Los resultados de dos series de experimentos figuran en los cuadros N° 3 y 4, y están representados gráficamente en las páginas 30 y 34. En el cuadro N° 3 se observa el efecto que, so-

---

(').- Se denomina "cloro útil" al poder oxidante del clorógeno, expresado en cloro. El poder oxidante puede variar al variar las condiciones en que se lo determina. En nuestro caso el "cloro útil" se determinó : 1) titulando el "perclorón" con solución de arsenito de sodio y usando papel de "ioduro de almidón" como indicador externo; 2) titulando en medio ácido con tiosulfato de sodio, (previo agregado de IK), el iodo liberado por el "perclorón".- En ambos casos se obtuvo el mismo resultado.-

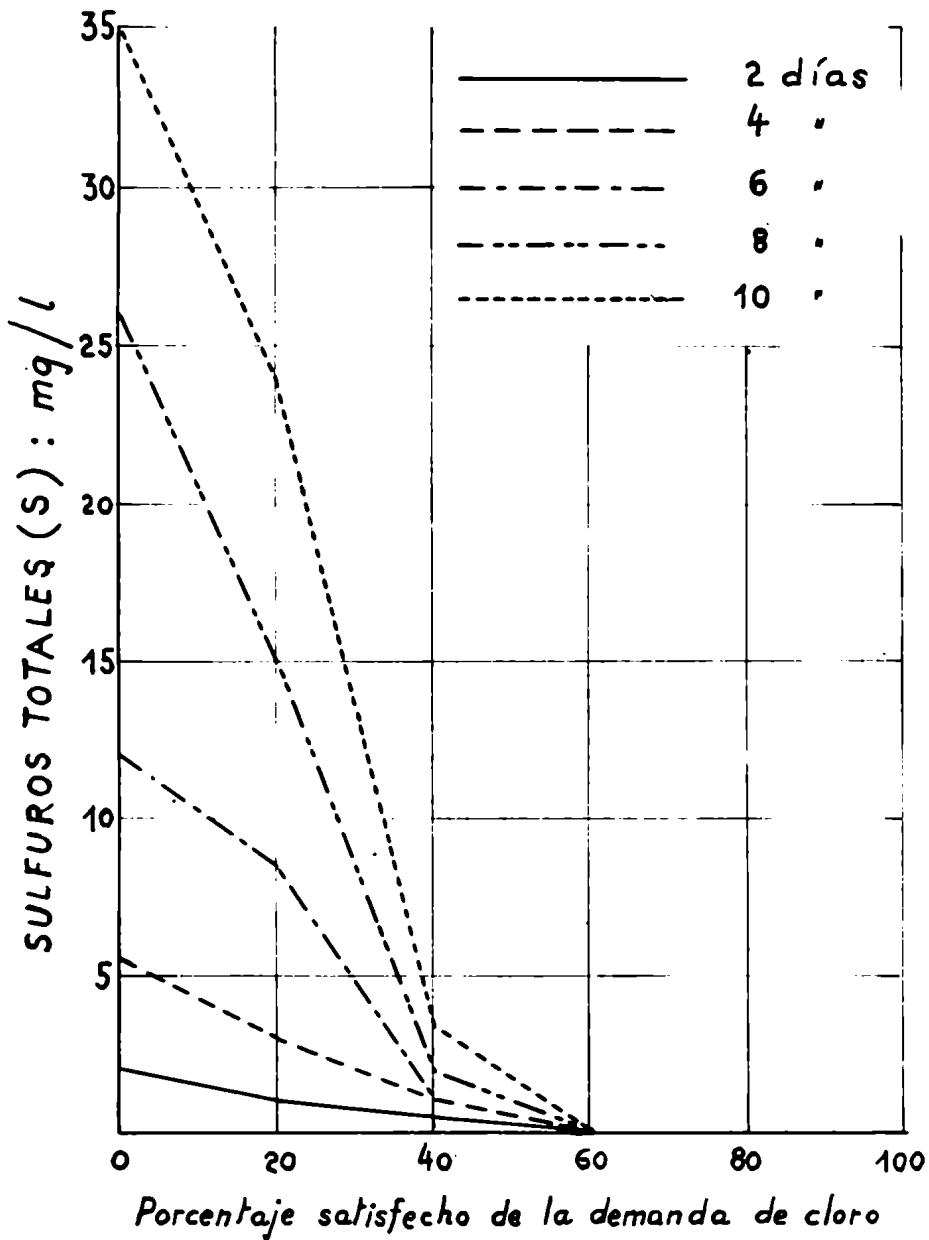
## - CUADRO N° 3 -

Relación entre el porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro ("PERCLORON") y la concentración de sulfuros, en distintos periodos de incubación.

Porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro	<u>Periodo de incubación</u>				
	2 días	4 días	6 días	8 días	10 días
	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>m</sup>
0	2	5,5	12	26	35
20	1	3	8,5	15	24
40	0,5	1	1	2	3,5
60	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0

## Gráfico N° 3

Relación entre el porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro («PERCLORÓN») y la concentración de sulfuros en distintos períodos de incubación



bre la concentración de sulfuros, produce la variación de la dosis de "perclorón" desde 0 a 100 % de la demanda de cloro total, en distintos períodos. Los resultados muestran que, satisfaciendo el 40 % de la demanda de cloro, se obtiene una disminución considerable en el contenido de sulfuros, hasta el décimo día de incubación. Esto se observa muy bien en el gráfico N° 3. En general, al pasar del 20 al 40% disminuye notablemente la concentración de sulfuros en las curvas correspondientes a los distintos períodos de incubación.

En el gráfico N° 3 a. se indica la cantidad de "perclorón" necesaria para mantener la concentración de sulfuros totales por debajo de 1,5 mg/l, durante distintos períodos. Se observa que satisfaciendo el 20 % de la demanda de cloro se retarda la producción de sulfuros durante dos días y con el 40 % durante 6 días.

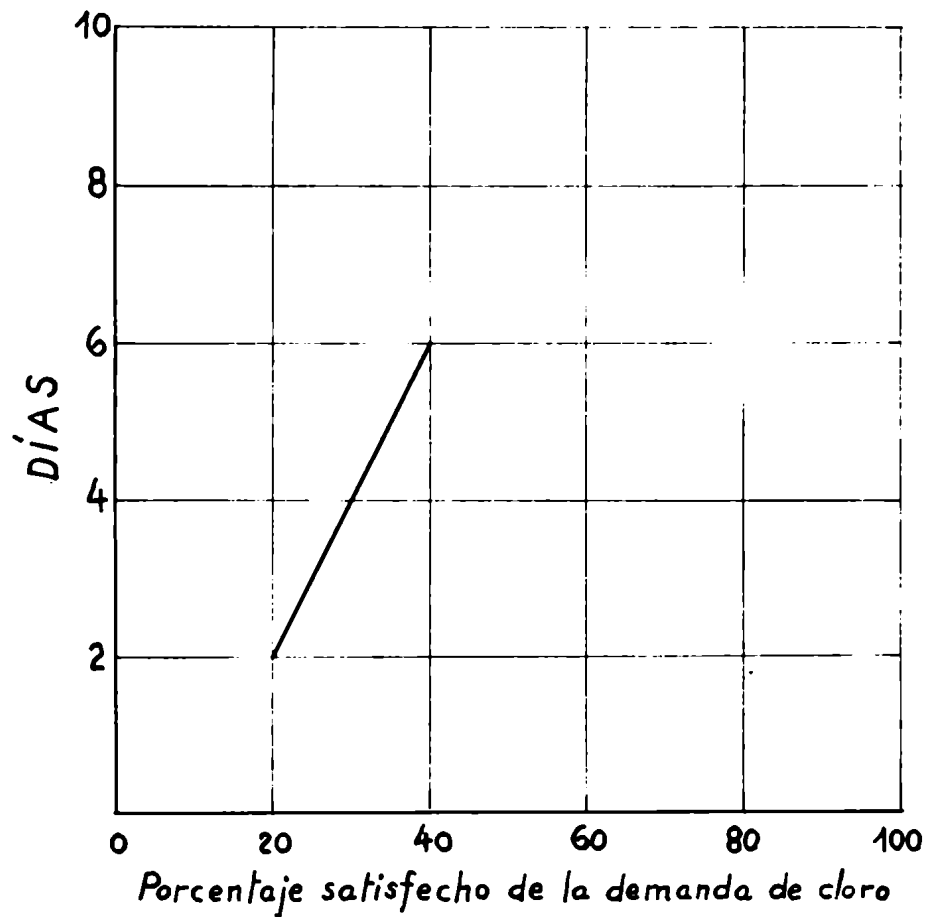
Con dosis de "perclorón" que satisfacen el 60, 80 y 100 % de la demanda de cloro, se consigue mantener la concentración de sulfuros inferior a 1,5 mg/l, durante un período mayor a 10 días; pero para determinar este período se hubiese requerido prolongar la incubación.

En el cuadro N° 4 se detalla el efecto sobre la producción de sulfuros de dosis crecientes de "perclorón" hasta el 25 % de la demanda de cloro total. Se observa que la diferencia entre los porcentajes consecutivos es de 5 (en el ensayo anterior era de 20) y que las determinaciones de sulfuros se efectuaron a intervalos menores (Excepto la primera, las determinaciones siguientes se efectuaron a diario; en el ensayo anterior se efectuaron en cambio cada dos días).

Los resultados de esta experiencia se han representado gráficamente en la página 34. Con dosis de "perclorón" que corresponden al 5 % de la demanda de cloro se obtiene un retardo prácticamente nulo, excepto en la curva que corresponde a 6 días de incubación. El retardo es igualmente despreciable con dosis de "perclorón" que satisfacen el 10 y 15 % de la demanda de cloro, excepto en -

*Gráfico N° 3a*

*Relación entre el período durante el cual la concentración de sulfuros se mantiene inferior a 1,5 mg/l y el porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro («PERCLORÓN»)*



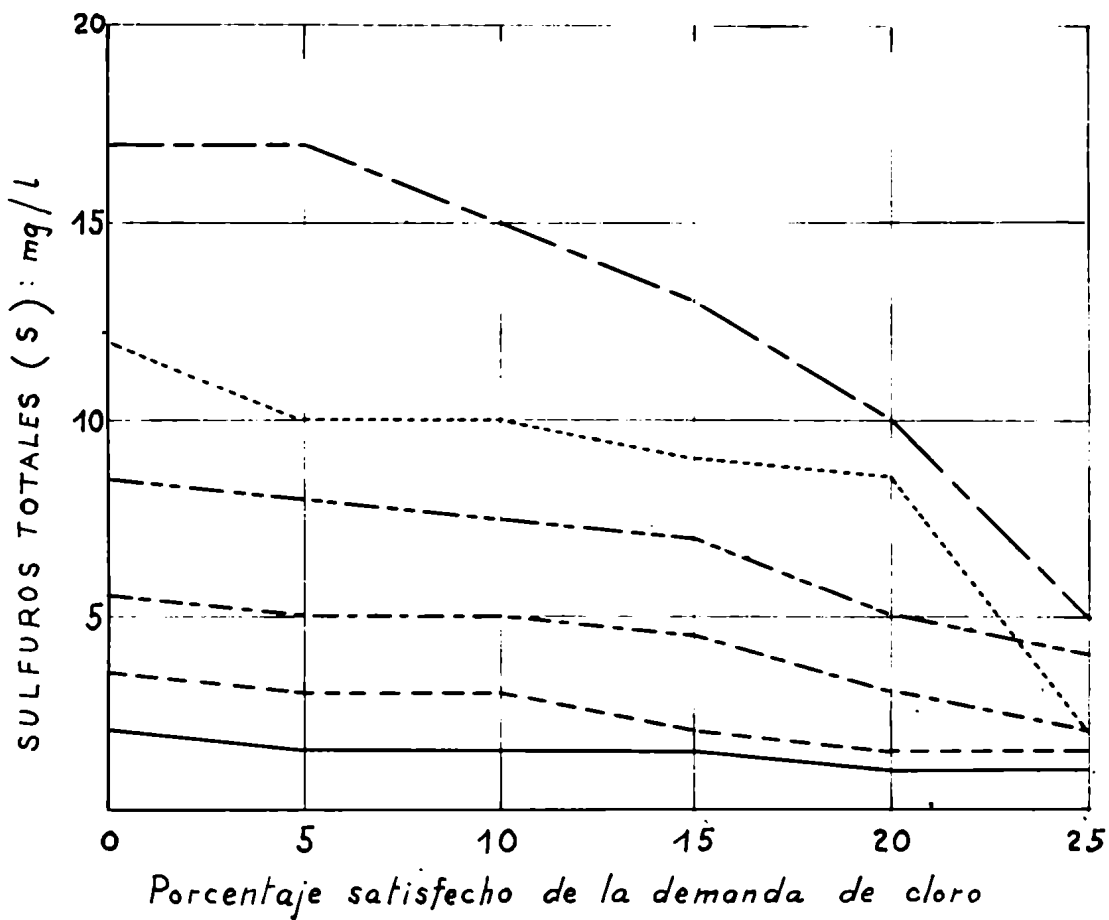
- CUADRO N<sup>o</sup> 4 -

Relación entre el porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro ("PERCLORON") y la concentración de sulfuros, en distintos períodos de incubación.

Porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro	<u>Período de incubación</u>					
	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días
	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>	Sulfuros totales mg/l S <sup>=</sup>
0	2	3,5	5,5	8,5	12	17
5	1,5	3	5	8,0	10	17
10	1,5	3	5	7,5	10	15
15	1,5	2	4,5	7,0	9	13
20	1	1,5	3	5,0	8,5	10
25	1	1,5	2	4,0	2	5

Gráfico N° 4  
 Relación entre el porcentaje satisfecho de la  
 Demanda de Cloro («PERCLORÓN») y la concentración  
 de sulfuros en distintos períodos de incubación

—————	2 días
- - - - -	3 "
- - - - -	4 "
- - - - -	5 "
.....	6
- - - - -	7





las curvas correspondientes a 6 y 7 días de incubación. Satisfaciendo en cambio el 20 y 25 % de la demanda total, se obtiene un retardo más apreciable en todos los casos.

Conclusiones.- Las conclusiones que surgen de estas experiencias sobre la acción del "perclorón" en la producción de hidrógeno sulfurado son :

- 1) En general con dosis de "perclorón" que satisfacen hasta - el 15 % (inclusive) de la demanda total, se obtiene una acción nula o poco apreciable sobre la producción de sulfuros. Sin embargo, la acción es algo más pronunciada en los mayores períodos de incubación.
- 2) Satisfaciendo del 20 al 25 % de la demanda de cloro, ya es posible retardar la producción de sulfuros durante dos días (Mantener la concentración de sulfuros totales, inferior a 1,5 mg/l).
- 3) Dosis de "perclorón" que satisfacen el 40 % de la demanda de cloro, ejercen un retardo considerable en la producción de sulfuros. Se consigue con esta dosis mantener la concentración de sulfuros por debajo de 1,5 mg/l durante 6 días.
- 4) Con mayores dosis se obtienen retardos todavía mayores - (Cuadro N<sup>o</sup> 3).
- 5) También aquí se observa un "salto" notable en la concentración de sulfuros al pasar del 20 al 40 % de la demanda de cloro, en general tanto más pronunciado cuando mayor es el período de incubación. (Gráfico N<sup>o</sup> 3).

#### c) ACCION DEL NITRATO DE SODIO

El nitrato de sodio se aplicó en solución acuosa. (1 ml de esta solución contenía 100 mg de  $\text{NO}_3\text{Na}$ ). Los resultados del ensayo figuran en el cuadro N<sup>o</sup> 5 y están representados gráficamente -

## - CUADRO N° 5 -

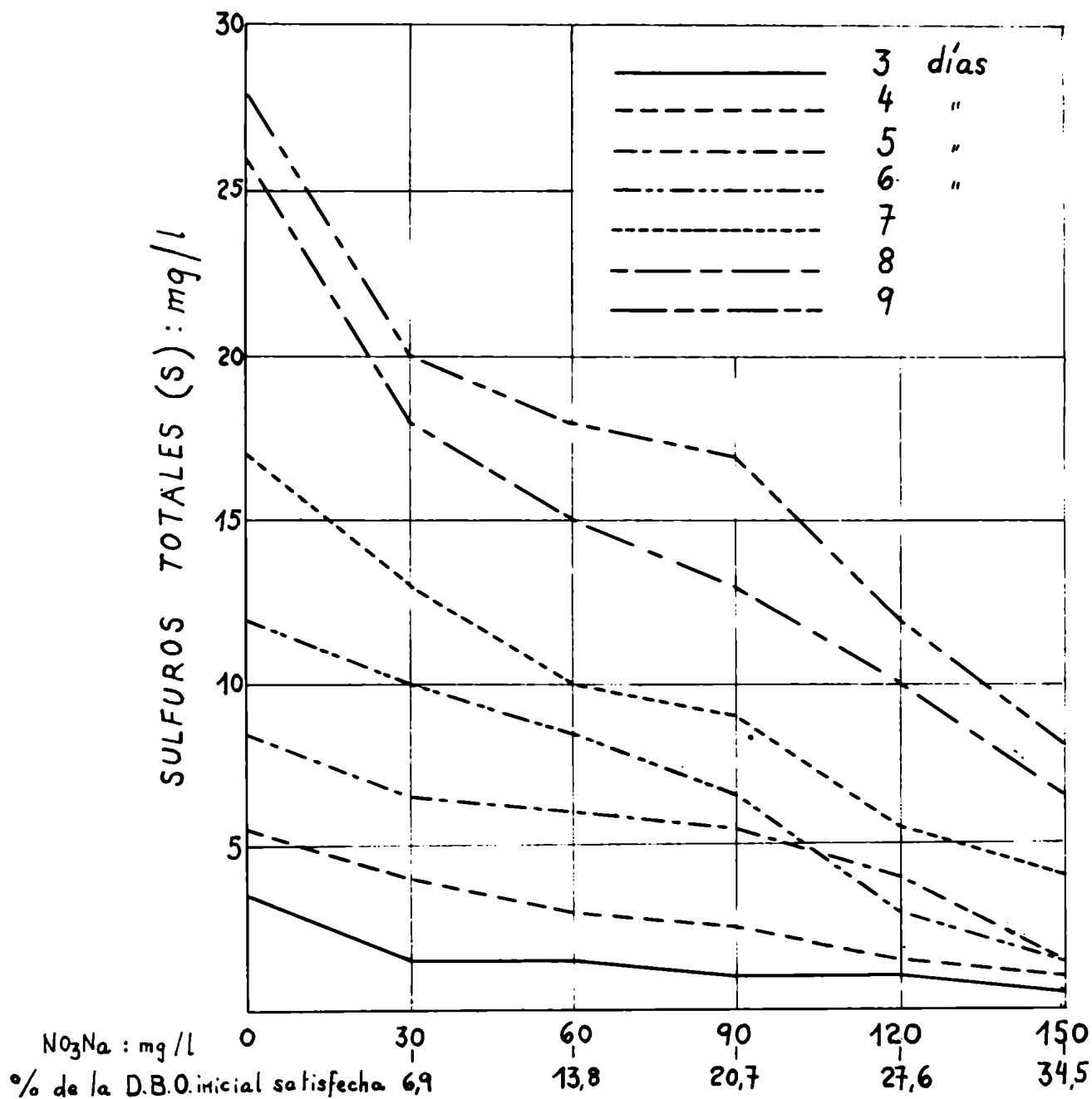
Relación entre la dosis de NITRATO DE SODIO aplicada y la concentración de sulfuros, en distintos períodos de incubación.

NO <sub>3</sub> Na mg/l	<u>Período de incubación</u>						
	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días
	( <sup>1</sup> ) S <sub>T</sub> <sup>-</sup> mg/l	S <sub>T</sub> <sup>-</sup> mg/l	S <sub>T</sub> <sup>-</sup> mg/l	S <sub>T</sub> <sup>-</sup> mg/l	S <sub>T</sub> <sup>-</sup> mg/l	S <sub>T</sub> <sup>-</sup> mg/l	S <sub>T</sub> <sup>-</sup> mg/l
0	3,5	5,5	8,5	12	17	26	28
30	1,5	4	6,5	10	13	18	20
60	1,5	3	6	8,5	10	15	18
90	1	2,5	5,5	6,5	9	13	17
120	1	1,5	4	3	5,5	10	12
150	0,5	1	1,5	1,5	4	6,5	8

(<sup>1</sup>) S<sub>T</sub><sup>-</sup> : sulfuros totales.-

Gráfico No 5

Relación entre la dosis de NITRATO DE SODIO aplicada y la concentración de sulfuros en distintos periodos de incubación



en la página 37 .

El agregado de  $\text{NO}_3\text{Na}$  varió de 0 a 150 mg/l. Con estas dosis, considerando el oxígeno suministrado por el nitrato, se satisfizo un porcentaje de la D.B.O. inicial de la muestra comprendido entre 0 y 34,5.

En el gráfico N° 5 se observa que el agregado de  $\text{NO}_3\text{Na}$  produce un retardo bien visible en la producción de sulfuros. Con mayores dosis de nitrato se obtienen retardos más pronunciados.

En el gráfico N° 5 a. se indica la cantidad de  $\text{NO}_3\text{Na}$  necesaria para mantener la concentración de sulfuros totales  $\leq 1,5$  mg/l (').

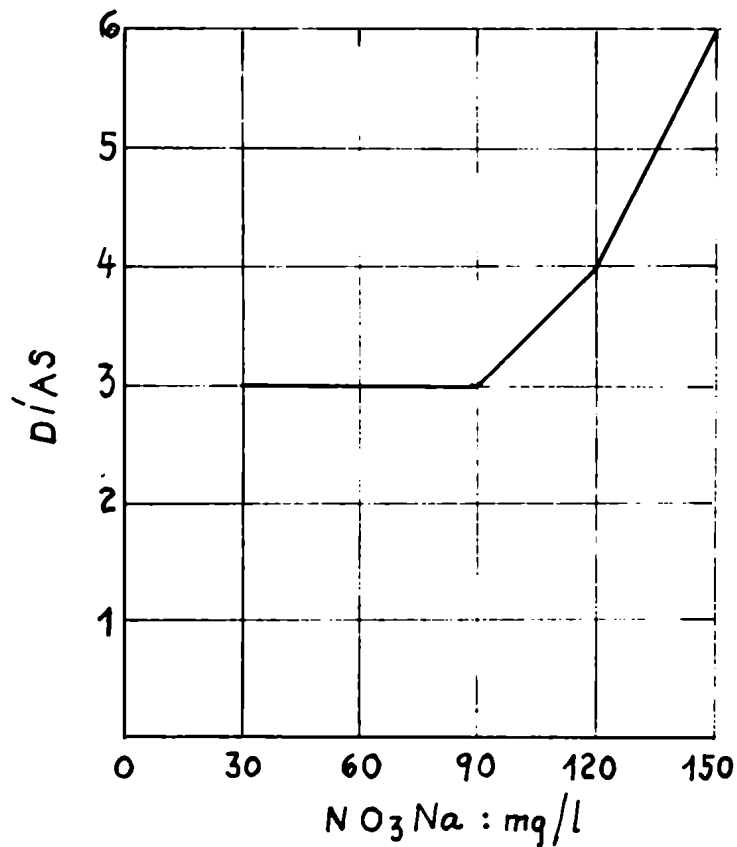
Se observa que con dosis de nitrato de sodio comprendidas entre 30 y 90 mg/l (inclusive), se puede neutralizar la producción de sulfuros durante 3 días; con 120 mg/l, el período durante el cual la concentración de sulfuros es  $\leq 1,5$  mg/l dura 4 días; y cuando se agrega 150 mg/l de  $\text{NO}_3\text{Na}$  este período tiene 6 días de duración.

Es interesante hacer notar, que al tercer día de incubación, fecha en que se determinó por primera vez sulfuros, ninguna de las muestras contenía nitratos o nitritos. Sin embargo, el efecto del agregado inicial de nitrato sobre la producción de sulfuros, se hizo sentir durante un período mucho mayor. (Cuadro N° 5).

---

(').- En los ensayos anteriores hemos considerado que, concentraciones de sulfuros iguales o mayores a 1,5 mg/l, ya producen emanaciones inconvenientes. El examen del cuadro N° 5, justifica que en este caso, una concentración de sulfuros igual a 1,5 mg/l se considere aceptable. Además, siendo este límite convencional, se comprende que un desplazamiento tan pequeño del mismo, no puede influir en forma apreciable.-

Gráfico N° 5a  
Relación entre el período durante el cual  
la concentración de sulfuros se mantiene inferior o igual  
a 1,5 mg/l y la dosis de NITRATO DE SODIO aplicada.



**Conclusiones.**- Los resultados experimentales sobre la acción del nitrato de sodio en la producción de sulfuros permiten establecer :

- 1) El nitrato de sodio retarda la producción de sulfuros en el líquido cloacal.
- 2) Este retardo es más apreciable a medida que aumenta la dosis de nitrato.
- 3) El efecto de una misma dosis de  $\text{NO}_3\text{Na}$ , se hace más acentuado al aumentar el período de incubación.
- 4) En general, al aumentar la dosis de nitrato de sodio hay una disminución gradual de los sulfuros. No se observa como en casos anteriores, que entre dos dosis consecutivas haya un "salto" muy marcado en la concentración de sulfuros (').

#### d) ACCION DEL OXIDO DE CALCIO

Se pesaron cantidades variables de cal viva, las cuales se "apagaron" antes de agregarse a diferentes porciones de la muestra original. Después del agregado se determinó el pH de cada una de estas porciones. Todas las determinaciones de pH se hicieron por potenciometría a 20°C.

En el cuadro N° 6 figuran los resultados de este ensayo. El gráfico correspondiente, figura en la página 42 . Se observa que, con 24 mg/l de  $\text{CaO}$  (dosis mínima agregada) se obtiene un pH inicial de 8,7 y un retardo ya muy apreciable en la producción de sulfuros.

---

(').- Hemos visto que con el oxígeno suministrado por el nitrato de sodio se satisfizo un porcentaje de la D.B.O. inicial de la muestra comprendida entre 0 y 34,5. Talvez, usando mayores dosis de nitrato de sodio se pueda observar ese "salto".-

## - CUADRO Nº 6 -

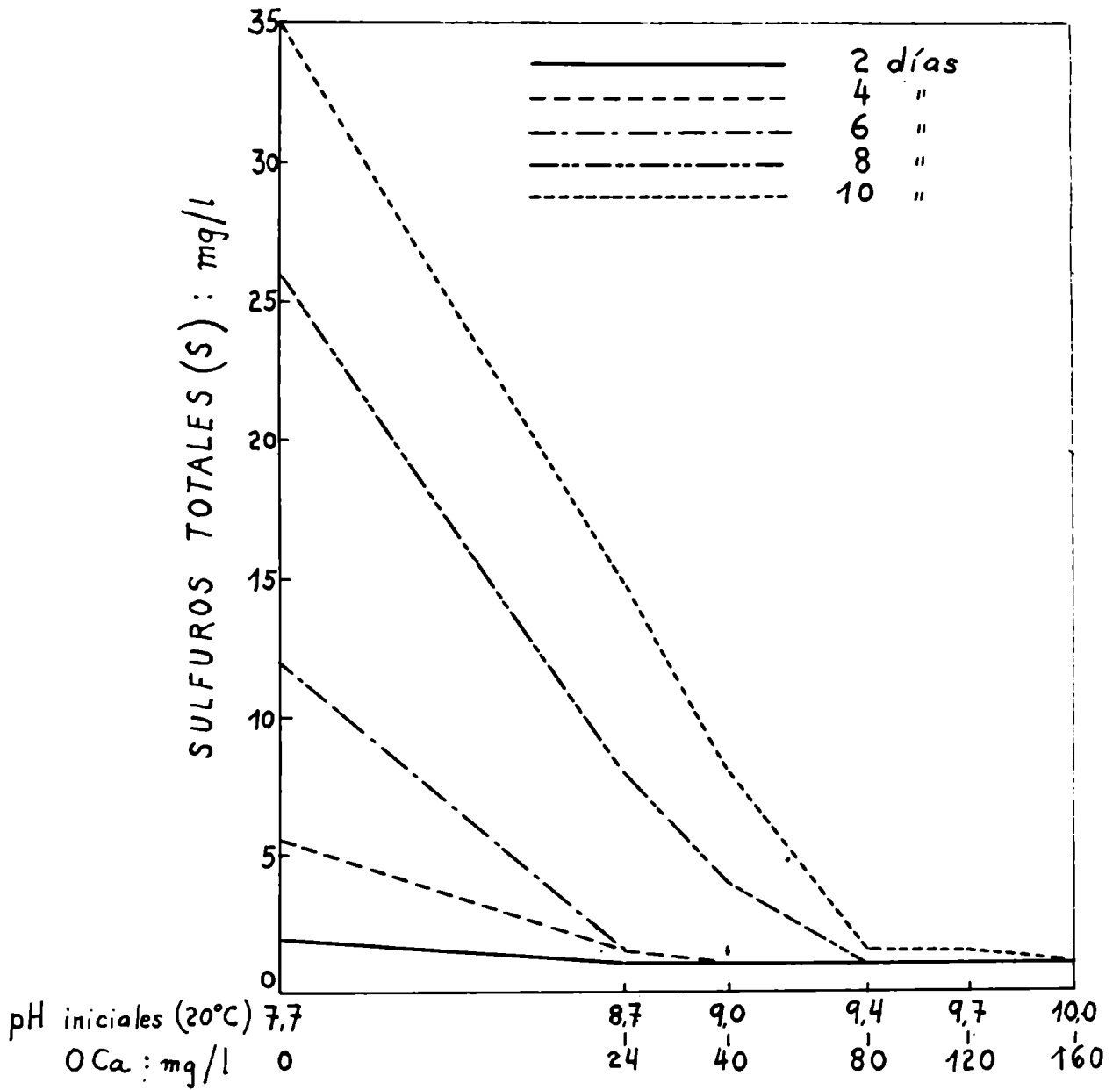
Relación entre la dosis de OXIDO DE CALCIO aplicada (pH) y la concentración de sulfuros, en distintos periodos de incubación.

OCa agregado mg/l	pH inicial (20°C)	<u>Período de incubación</u>									
		2 días		4 días		6 días		8 días		10 días	
		$S_T^{(°)}$ mg/l	pH	$S_T^{(°)}$ mg/l	pH	$S_T^{(°)}$ mg/l	pH	$S_T^{(°)}$ mg/l	pH	$S_T^{(°)}$ mg/l	pH
0	7,7	2	7,4	5,5	7,3	12	7,4	26	7,3	35	7,2
24	8,7	1	8,5	1,5	8,5	1,5	8,4	8	8,3	15	8,2
40	9,0	1	8,8	1	8,8	1	8,8	4	8,7	8	8,6
80	9,4	1	9,3	1	9,3	1	9,3	1	9,2	1,5	9,2
120	9,7	1	9,5	1	9,5	1	9,5	1	9,4	1,5	9,4
160	10	1	9,8	1	9,7	1	9,7	1	9,6	1	9,6

(°).-  $S_T^{(°)}$  : sulfuros totales.-

Gráfico N° 6

Relación entre la dosis de ÓXIDO DE CALCIO aplicada (pH) y la concentración de sulfuros en distintos períodos de incubación





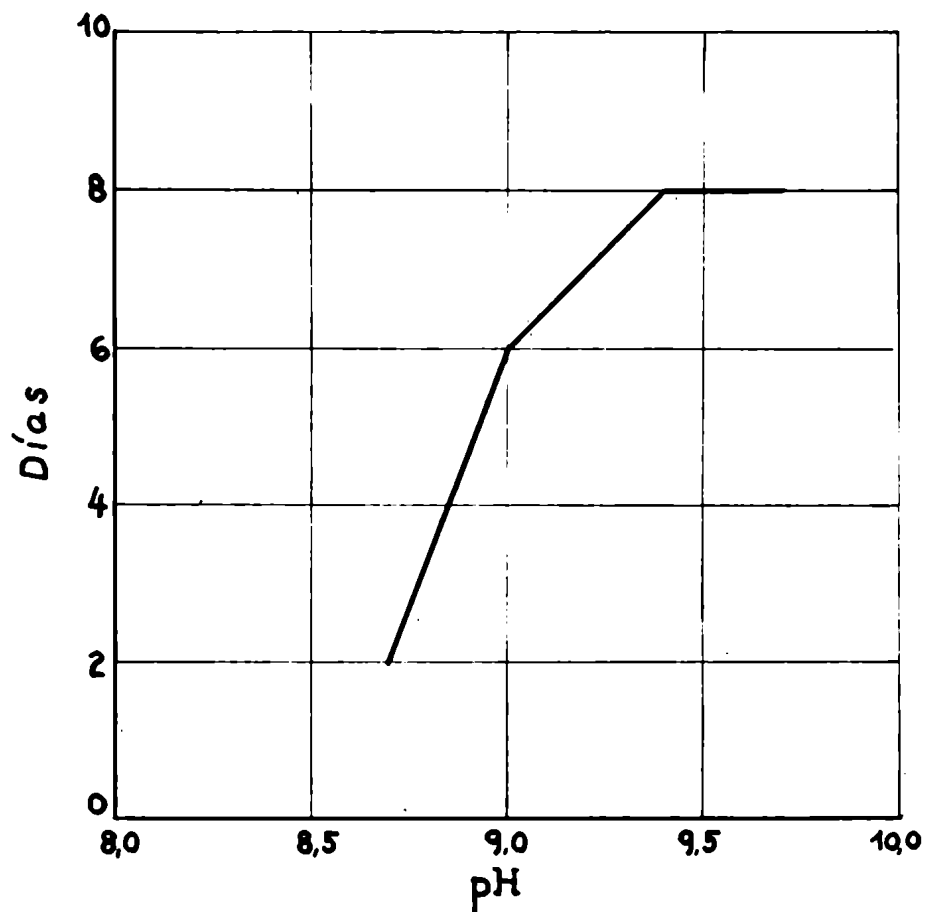
En los períodos de incubación más prolongados, se observa en general que a medida que aumenta el pH, el retardo en la producción de sulfuros es mayor; pero aún en períodos de 6 días, se ve que la dosis mínima de óxido de calcio, produce el mismo o casi el mismo efecto que la dosis máxima.

En el cuadro N° 6 se observa que tanto el pH de las muestras tratadas como el de la muestra original, variaron poco en el transcurso de la experiencia.

Conclusiones.- Los resultados experimentales, permiten extraer las siguientes conclusiones, respecto a la acción del óxido de calcio sobre la producción de sulfuros :

- 1) El óxido de calcio resulta un agente muy eficaz para prevenir la formación de sulfuros. Conviene hacer notar que la acción fundamental de la cal, no ha consistido en fijar los sulfuros después de formados, sino en impedir su formación. (Ver en el cuadro N° 6 la baja concentración de sulfuros que tienen las muestras tratadas).
- 2) Con un agregado de cal que lleva a 8,7 el pH de la muestra original se mantiene la concentración de sulfuros inferior a 1,5 mg/l durante dos días; con "pH" 9,0 se consigue el mismo efecto durante 6 días; y con "pH" 9,4 y 9,7 durante 8 días. (Ver gráfico N° 6 a.). Cuando el pH inicial de la muestra tratada fué 10, la concentración de sulfuros se mantuvo por debajo de 1,5 mg/l durante un período mayor de 10 días.
- 3) A medida que aumenta el período de incubación se hace más notable la influencia de la dosis de cal en la producción de sulfuros.
- 4) La dosis de óxido de calcio que elevó a 10 el "pH" de la muestra original, le comunicó a ésta un fuerte olor a pescado en putrefacción. Cuando después de tratada, el "pH" de

Gráfico N° 6a  
Relación entre el período durante el cual la concentración de sulfuros se mantiene inferior a 1,5 mg/l y el «pH» (inicial) de las muestras tratadas con óxido de calcio.



la muestra fué igual a 9,7, se obtuvo un olor similar pero bastante menos intenso; con "pH" de 9,4, 9,0, y 8,7, el olor de la muestra tratada no difería apreciablemente del olor del líquido cloacal sin tratar.

e) ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Los cuatro tratamientos ensayados para evitar la presencia de sulfuros en el líquido cloacal han resultado eficientes; sin embargo, el estudio comparativo de los resultados experimentales permite anotar diferencias de comportamiento sobre las cuales conviene insistir.

Se puede destacar en primer lugar que, mientras el cloro y el "perclorón" (en dosis adecuadas), no sólo han impedido la formación de sulfuros, sino que también han destruido completamente los sulfuros ya existentes, el nitrato de sodio y el óxido de calcio sólo han resultado eficientes como agentes preventivos.

En efecto, se observa que en el ensayo con  $\text{NO}_3\text{Na}$  el contenido en sulfuros totales de la muestra tratada nunca fué inferior al contenido de la muestra original; y en el ensayo con  $\text{OCa}$  la cifra más baja de sulfuros en las muestras tratadas fué todavía algo superior a la concentración original de sulfuros en la muestra sin tratar.

Estos resultados, en completo acuerdo con las previsiones teóricas, y corroborados por diversos trabajos permiten establecer :

- 1) el "agua de cloro" y el "perclorón" destruyen los sulfuros y retardan su producción
- 2) el nitrato de sodio (') retarda la producción
- 3) el óxido de calcio retarda la producción de sulfuros sin -

---

(').- Ver nota al pie de la página N<sup>o</sup> 47.-

destruir los ya existentes, pero puede fijarlos, evitando - el desprendimiento de hidrógeno sulfurado.

Para comparar la eficiencia relativa de los distin - tos agentes, se puede citar algunas cifras. Así por ej. si se quiere - mantener la concentración de sulfuros igual o menor a 1,5 mg/l durante 6 días, se requiere 4 veces más OCa (en peso) que cloro, (ya sea como "agua de cloro o perclorón"); y 25 veces más  $\text{NO}_3\text{Na}$  que cloro (también en peso). Si se quiere conseguir el mismo efecto, pero ahora durante - 10 días, la dosis necesaria de OCa es 9 veces mayor que la de cloro - (siempre en peso). (Para este caso, los datos experimentales no permii - ten establecer la dosis de  $\text{NO}_3\text{Na}$ ).

El comportamiento del "agua de cloro" y del "perclo - rón" (') ha resultado ser muy semejante, no obstante lo cual, la compa - ración de los gráficos N° 2 y N° 4, acusa una eficiencia algo mayor pa - ra el "perclorón". Se observa en efecto, por superposición de ambos - gráficos que, salvo las curvas correspondientes a dos días de incuba -

(').- Al final de la experiencia (décimo día de incubación), se deter - minó el pH de las muestras tratadas con cloro y "perclorón". Los resultados figuran a continuación :

Porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro	"pH" al décimo día de incubación	
	Muestras tratadas con cloro	Muestras tratadas con "perclorón"
0	7,2	7,2
20	7,2	7,3
40	7,2	7,4
60	7,2	7,6
80	7,3	7,6
100	7,3	7,5

Se observa que las diferencias de "pH" son poco apreciables.-

ción, prácticamente coincidentes, y las que corresponden a 4 días de incubación, que se cortan, en las curvas restantes, la que corresponde al "perclorón" está por debajo de la correspondiente al cloro. Además, la distancia entre ambas curvas, aumenta al aumentar el período de incubación.

Las mismas observaciones, aunque con carácter menos general, surgen de la superposición de los gráficos N<sup>o</sup> 1 y 3.

En resumen, de la comparación de los tratamientos - ensayados, surgen las siguientes conclusiones :

- 1) Para destruir los sulfuros del líquido cloacal se puede - usar indistintamente cloro o "perclorón". El  $\text{NO}_3\text{Na}$  y el  $\text{Oca}$  (') no resultan adecuados para este fin.
- 2) Para retardar la producción de sulfuros se puede emplear - cualquiera de los agentes ensayados. De estos, los más eficientes han resultado ser el cloro y el "perclorón". Le sigue luego, en orden de eficiencia el óxido de calcio y finalmente el nitrato de sodio.
- 3) Aunque los resultados obtenidos con cloro y "perclorón" son muy semejantes, se observa en general que este último es - más efectivo que el cloro para prevenir la producción de - sulfuros durante períodos largos.

Conviene insistir sobre el hecho que todas estas - conclusiones tienen sólo validez en las condiciones en que se realizó

---

(').- Conviene recordar que, aunque el  $\text{Oca}$  no es capaz de destruir - los sulfuros, provoca un aumento de "pH" que permite fijarlos, evitando su desprendimiento como hidrógeno sulfurado.- El  $\text{NO}_3\text{Na}$  no destruye los sulfuros insolubles del líquido cloacal, pero - se ha comprobado que provoca una destrucción lenta de los sulfuros disueltos. En este trabajo, los sulfuros iniciales no estaban disueltos, y por tanto el  $\text{NO}_3\text{Na}$  no ejerció sobre ellos ninguna acción.-

la experiencia. Ya se ha mencionado que estas condiciones, pueden diferir en forma apreciable de las que realmente imperan en la práctica.

Más adelante se considerará el costo y la simplicidad de aplicación en gran escala de cada uno de estos tratamientos, - características no menos importantes que la eficiencia para decidir - su elección.

---

## IV

TRATAMIENTO DEL LIQUIDO CLOACAL PARA REDUCIR LA  
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO

Hemos visto al comienzo de este trabajo que se denomina "demanda bioquímica de oxígeno" <sup>(23)</sup> de un líquido contaminado, - al oxígeno (expresado en mg/l o p.p.m.) que este líquido consume en la descomposición de la materia orgánica, por acción de las bacterias aerobias.

De esta definición resulta, que la medida de la D.B.O. de un líquido, exige la presencia simultánea en el mismo, de tres cosas, a saber :

- 1) Materia orgánica sobre la cual se opere la descomposición.
- 2) Bacterias aerobias o facultativas que ejecuten esta descomposición.
- 3) Oxígeno disuelto para que la descomposición de la materia orgánica pueda realizarse en aerobiosis.

La determinación de la D.B.O., consiste precisamente en medir, cuanto oxígeno disuelto insume esta descomposición; pero como el proceso tarda varios meses en completarse, en la práctica se mide la D.B.O. que corresponde a un período de 5 días <sup>(1)</sup>.

Como al variar la temperatura, varía la velocidad del proceso de descomposición, es también necesario establecer las condiciones térmicas en que se realiza la incubación. Como método "standard" para determinar la D.B.O., se aconseja una temperatura de 20°C.

---

(1).- Conviene aclarar que la D.B.O. total, se cumple en 2 etapas : - una primera en la cual se oxida la materia hidrocarbonada, y una segunda etapa en la cual se oxidan los compuestos nitrogenados. El conocimiento de la D.B.O. correspondiente a un lapso de 5 días, permite calcular mediante fórmulas adecuadas, la D.B.O. que corresponde a la primera etapa.-

Fijado el tiempo y la temperatura a la cual se mide la D.B.O., describiremos en forma breve como se practica esta determinación.

Si la muestra contiene oxígeno disuelto en cantidad suficiente como para satisfacer la demanda, la medida de la D.B.O. se obtiene determinando el oxígeno disuelto de la muestra en el momento de su extracción, y repitiendo esta determinación después de un período de incubación de 5 días a 20°C. La diferencia entre ambas determinaciones, expresada en mg. de oxígeno y referida a 1 litro de muestra, es la D.B.O. de la misma.

Si en cambio, el contenido en oxígeno disuelto es nulo, o si se supone que es insuficiente para satisfacer la demanda (') la muestra debe diluirse con agua saturada de oxígeno a 20°C, y adicionada de bicarbonato de sodio el cual actúa como "buffer".

La dilución debe suministrar el oxígeno que consume la muestra en 5 días de incubación, dejando todavía un remanente del mismo. Conociendo el oxígeno disuelto de la mezcla antes y después de la incubación, se puede medir la D.B.O. de la muestra diluida; y multiplicando por el factor de dilución correspondiente, se obtiene la D.B.O. de la muestra original, la cual se expresa en mg/l de oxígeno.

La designación de demanda bioquímica de oxígeno es muy frecuente abreviarla así : D.B.O. Además, en los casos en que no se indica explícitamente el período y la temperatura de incubación, - debe sobrentenderse que la D.B.O. corresponde a un período de 5 días y a una temperatura de incubación de 20°C.

---

(').- La solubilidad del oxígeno en agua en contacto con la atmósfera, es sólo de 9,17 mg por litro a 20°C y 760 mm de Hg.-



Cuando se desea conocer la D.B.O. de un líquido cloacal que se ha sometido previamente a un proceso de desinfección, es necesario sembrarlo con líquido cloacal no desinfectado. Se consigue así incorporarle la flora y fauna características de éste, cuya presencia ya hemos visto, es indispensable para medir la D.B.O.

De los agentes ensayados en este trabajo, tanto el cloro como el "perclorón" y el óxido de calcio, poseen propiedades desinfectantes, y por tanto es necesario recurrir al procedimiento antes dicho para determinar la D.B.O. En cuanto a las muestras con agregado de nitrato de sodio, aunque éste no posee propiedades desinfectantes, también se sembraron con líquido cloacal sin tratar.

Con este sistema se consiguió uniformar la técnica empleada en todas las determinaciones de D.B.O. sin modificar su exactitud; lo cual resulta muy aconsejable en un estudio con fines comparativos.

En la práctica, la siembra de las muestras con líquido cloacal sin tratar, se efectuó empleando un "agua de dilución" previamente adicionada de líquido cloacal sedimentado, (1 ml de éste por litro de agua de dilución según recomienda Eldridge <sup>(25)</sup> y estacionada luego dos días a 20°C.). Usando esta "agua de dilución", como todas las muestras tuvieron que diluirse, se consiguió realizar en una sola operación, la siembra y la dilución de la muestra.

Las determinaciones de D.B.O. resultan más precisas cuando el oxígeno disuelto remanente está comprendido entre el 60 y 30 % del inicial. Para llenar este requisito las diluciones se prepararon tomando como base la D.B.O. promedio del líquido cloacal de Buenos Aires.

Con cada una de las muestras se hicieron tres siembras, dos de ellas a la misma dilución, es decir por duplicado, y una tercera a otra dilución diferente. La dilución más conveniente para efectuarse por duplicado, se estableció en cada caso por cálculo.

a) ACCION DEL "AGUA DE CLORO"

Después de 24 horas de incubación a 15°C, se extrajeron las muestras tratadas con cloro para determinarles D.B.O. ('). Lo mismo se hizo con una muestra sin tratar. Los resultados figuran en el cuadro N° 7. Por D.B.O. inicial se entiende la D.B.O. (5 días a 20°C) que posee la muestra en el momento de su extracción. La D.B.O. después de 24 horas se refiere a la D.B.O. (5 días a 20°C) que posee la muestra después de un día de incubación a 15°C.

En el cuadro N° 7 se observa que la D.B.O. de todas las muestras después de 24 horas de incubación, fué menor que la D.B.O. inicial. Si a la disminución que sufren las muestras tratadas se resta la disminución que se opera en la muestra sin tratar (0 % satisfecho de la demanda de cloro), se tiene la disminución atribuible al cloro. Estos valores están calculados en la 5ª columna del cuadro N° 7. El cociente  $\frac{a}{b}$ , que figura en la última columna del mismo cuadro representa la disminución (en mg/l) de la D.B.O. por mg/l de cloro agregado. Se observa que el valor del cociente disminuye a medida que aumenta la cantidad suministrada de cloro.

Conclusiones.- De los resultados experimentales sobre la acción del cloro en la D.B.O. del líquido cloacal se pueden extraer las siguientes conclusiones :

- 1) El cloro disminuye la D.B.O. del líquido cloacal.
- 2) Cuando se satisface el 100 % de la demanda de cloro total se obtiene una reducción de la D.B.O. de 14 %.

---

(').- En la muestra con un porcentaje satisfecho de la demanda de cloro igual a 100 se determinó previamente cloro libre, comprobándose que no contenía.-

Efecto de la adición de CLORO al líquido cloacal sobre la  
reducción de la D.B.O.-

Porcentaje satisfecho de la demanda de cloro	D.B.O. inicial mg/l	D.B.O. después de 24 horas mg/l	Disminución respecto a la inicial mg/l	Disminución debida al cloro mg/l (a)	Cloro suministrado mg/l (b)	$\frac{a}{b}$
0	245	210	35	-	0	-
20	-	195	50	15	3	5
40	-	185	60	25	6	4,2
60	-	175	70	35	9	3,9
80	-	175	70	35	12	2,9
100	-	175	70	35	15	2,3

- 3) Los resultados indican una reducción mínima de 2,3 mg/l en la D.B.O. por mg/l de cloro suministrado.
- 4) A medida que aumenta el porcentaje satisfecho de la demanda de cloro total, la reducción de la D.B.O. por unidad de cloro agregado, es menor. (Ver cuadro N° 7, última columna).
- 5) La D.B.O. de la muestra sin tratar es menor después de 24 horas que en el momento de su extracción.

De estas conclusiones, la (1), (2) y (3) están en completo acuerdo, con las establecidas al respecto por el "Committee on Sewage Disposal of the American Public Health Association"<sup>(10)</sup>, citadas en la introducción de este trabajo; la conclusión (4) está confirmada por los trabajos de Rudolfs y Gehm<sup>(12)</sup>; y en cuanto a la (5) se puede citar en su apoyo los trabajos de Heukelekian<sup>(13)</sup>.

#### b) ACCION DEL "PERCLORON"

Después de 24 horas de incubación a 15°C se extrajeron las muestras tratadas con "perclorón" para determinarles D.B.O., haciendo lo mismo con una muestra sin tratar. En la muestra que se satisfizo el 100 % de la demanda de cloro, se determinó previamente cloro libre, comprobándose que no contenía.

Los resultados experimentales figuran en el cuadro N° 8. También aquí se observa que la D.B.O. de las muestras después de 24 horas de incubación fué menor que la D.B.O. inicial de la muestra sin tratar. Los valores que figuran en la 5ª columna del cuadro corresponden a la disminución en la D.B.O. de las muestras, atribuible al "perclorón". Como ya se ha indicado, estos valores se obtienen por diferencia entre la disminución que se opera en las muestras tratadas y la que se observa en la muestra sin tratar. El cociente  $\frac{a}{b}$  tiene el mismo significado que en el caso anterior o sea : disminu -

Efecto de la adición de "PERCLORON" al líquido cloacal sobre  
la reducción de la D.B.O.-

Porcentaje satisfecho de la Demanda de cloro	D.B.O. inicial mg/l	D.B.O. después de 24 horas mg/l	Disminución respecto a la inicial mg/l	Disminución debida al "perclorón" (a)	Cloro "útil" suministrado mg/l (b)	$\frac{a}{b}$
0	245	210	35	-	0	-
20	-	180	65	30	3	10
40	-	155	90	55	6	9,2
60	-	155	90	55	9	6,1
80	-	155	90	55	12	4,6
100	-	150	95	60	15	4

ción (mg/l) de la D.B.O., por mg/l de "cloro útil" agregado. (Obsérvese que para tener datos más comparables con el ensayo anterior, el "perclorón" agregado se expresa en mg/l de "cloro útil" y no en mg/l de "perclorón").

Se ve que el cociente  $\frac{a}{b}$  disminuye a medida que aumenta la cantidad suministrada de cloro "útil". (Cuadro N° 8).

Conclusiones.- Respecto a la reducción de la D.B.O. ejercida por el "perclorón" en el líquido cloacal, los resultados experimentales permiten establecer las siguientes conclusiones :

- 1) El "perclorón" disminuye la D.B.O. del líquido cloacal.
- 2) Cuando se satisface el 100 % de la demanda de cloro total se obtiene una reducción de la D.B.O. de 24 %.
- 3) Los resultados indican una reducción mínima de 4 mg/l en la D.B.O. por mg/l de cloro "útil" suministrado.
- 4) A medida que aumenta el porcentaje satisfecho de la demanda de cloro total, la reducción de la D.B.O. por unidad de cloro "útil" es menor. (Ver en cuadro N° 8, la última columna).

#### c) ACCION DEL NITRATO DE SODIO

Después de 24 horas de incubación a 15°C, se extrajeron las muestras tratadas con nitrato de sodio para determinarles D.B.O., haciendo lo mismo con una muestra sin tratar. Los resultados experimentales figuran en el cuadro N° 9. En las muestras con agregado de nitrato, se investigó cualitativamente la presencia de nitritos y nitratos comprobándose que, excepto en las muestras con un agregado de 120 y 150 mg/l de nitrato de sodio las cuales dieron resultado positivo, en las muestras restantes todo el nitrato suministrado se consumió en las 24 horas de incubación.

- CUADRO Nº 9 -

Efecto de la adición de NITRATO DE SODIO  
al líquido cloacal, sobre la reducción de la D.B.O.-

NO <sub>3</sub> Na agregado mg/l	D.B.O. inicial mg/l	D.B.O. después de 24 horas mg/l	Disminución respecto a la inicial mg/l	Disminución debida al NO <sub>3</sub> Na mg/l (a)	Oxígeno suministrado por el NO <sub>3</sub> Na mg/l (b)	Porcentaje de la D.B.O.inicial que satisface el oxígeno del NO <sub>3</sub> Na	$\frac{a}{b}$
0	245	210	35	-	0	0	-
30	-	165	80	45	16,9	6,9	2,6
60	-	150	95	60	33,9	13,8	1,8
90	-	135	110	75	50,8	20,7	1,5
120	-	125	120	85	67,8	27,6	1,2
150	-	125	120	85	84,7	34,5	1,0

Conclusiones.- El análisis de los resultados experimentales que figuran en el cuadro N° 9 permite establecer :

- 1) El nitrato de sodio reduce la D.B.O. del líquido cloacal.
- 2) En los casos en que se consumió todo el nitrato de sodio - agregado, se obtuvo una reducción mínima de 1,5 mg/l en la D.B.O., por mg/l de oxígeno suministrado por el nitrato.
- 3) Cuando se emplearon dosis de nitrato de sodio mayores que 90 mg/l, éste no se consumió completamente en un día de incubación. El nitrato remanente no resulta aprovechable, pues cuando se diluye la muestra para determinar D.B.O., el oxigeno disuelto en el agua de dilución reemplaza al nitrato como fuente de oxígeno. Por tanto en estos casos, el valor del cociente  $\frac{a}{b}$  no debe tenerse en cuenta como índice de la eficiencia del nitrato de sodio (').
- 4) Cuando se agregó 90 mg/l de nitrato de sodio (50,8 mg/l de oxígeno) - dosis máxima consumida completamente en 24 ho - ras - se obtuvo una reducción de la D.B.O. de 31 %.
- 5) Se observa que el cociente  $\frac{a}{b}$  o sea la disminución de la D.B.O. por mg/l de oxígeno suministrado, disminuye a medida que aumenta el agregado de nitrato de sodio.

---

(').- Se puede obviar este inconveniente, dosando el nitrato remanente y restándolo del agregado. Se conoce así el nitrato consumido y con este valor puede calcularse en forma adecuada el cociente  $\frac{a}{b}$ . Todas estas consideraciones se tuvieron en cuenta al

planear el trabajo; pero el cálculo precedente no pudo efectuarse pues las determinaciones cuantitativas de nitratos se malgraron.-



d) ACCION DEL OXIDO DE CALCIO

Después de agregado el óxido de calcio, se determinó el pH de las muestras, y luego se incubaron a 15°C. Al día siguiente se extrajeron de la cámara para determinarles D.B.O., haciendo lo mismo con una muestra sin tratar. Los resultados figuran en el cuadro N° 10.

Para cerciorarse que después de diluidas, el "pH" - de las muestras no ejercería una acción inhibitoria sobre la actividad de los microorganismos ('), se determinó "pH" en la menor dilución efectuada con la muestra de mayor pH, obteniéndose un valor de 8,0, es decir, prácticamente el mismo pH que el que posee el agua de dilución.

El hecho que aún la muestra con mayor cantidad de OCa no haya modificado apreciablemente el pH del agua de dilución obedece a que las siembras para determinar D.B.O. se hicieron diluyendo mucho la muestra. (Diluciones al 1 % y 2 %). También actúa favorablemente en este sentido el bicarbonato de sodio del agua de dilución - ("buffer").

En la 1<sup>ra</sup>. columna del cuadro N° 10 figuran las dosis agregadas de OCa, las cuales varían desde 0 mg/l (muestra sin tratar) a 160 mg/l. En la columna contigua están los pH que se obtienen con las correspondientes dosis. El cociente  $\frac{a}{b}$  representa la disminución en la D.B.O. que se obtiene por mg/l de OCa agregado.

---

(').- Se acepta que pH comprendidos entre 5,5 y 8,5, no afectan la actividad biológica de los microorganismos del líquido cloacal. - Si el pH de la muestra no está comprendido entre estos límites se lo debe rectificar por agregado de álcali o de ácido, antes de proceder a la determinación de la D.B.O.-

Efecto de la adición de óxido de calcio al líquido cloacal sobre la reducción de la D.B.O.-

Oca agregado mg/l (b)	pH de las muestras después de tratadas	D.B.O. inicial mg/l	D.B.O. después de 24 horas mg/l	Disminución respecto a la inicial mg/l	Disminución debida al OCa mg/l (a)	$\frac{a}{b}$
0	7,7	245	210	35	-	-
24	8,7	-	165	80	45	1,9
40	9,0	-	160	85	50	1,2
80	9,4	-	155	90	55	0,7
120	9,7	-	155	90	55	0,4
160	10,0	-	155	90	55	0,3

Conclusiones.- El análisis de los resultados experimentales (cuadro N° 10) permite establecer :

- 1) El tratamiento con óxido de calcio reduce la D.B.O. del líquido cloacal.
- 2) Con la dosis mínima agregada (24 mg/l), se obtuvo una reducción de la D.B.O. de 18 %.
- 3) La disminución en la D.B.O. atribuible al óxido de calcio varía poco al variar la dosis de éste (cuadro N° 10, columna N° 5).
- 4) El cociente  $\frac{a}{b}$  disminuye a medida que aumenta la dosis de cal (última columna del cuadro N° 10).

e) ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

Los cuatro tratamientos ensayados han resultado ser aptos para reducir la D.B.O. del líquido cloacal.

En el caso del cloro y "perclorón" estos se agregaron en dosis equivalentes (igual cantidad de cloro "útil"); los resultados son por tanto perfectamente comparables, y señalan una eficiencia mayor para el "perclorón" en todos los casos. Comparando los cuadros N° 7 y N° 8, se observa que en general, para un mismo porcentaje satisfecho de la demanda de cloro, el "perclorón" produce una reducción en la D.B.O. casi doble que la producida por el cloro. El valor del cociente  $\frac{a}{b}$  es también siempre mayor en la serie del "perclorón" que en la correspondiente al cloro.

En la serie del nitrato de sodio (cuadro N° 9), las disminuciones que se observan en la D.B.O. son mayores que en las dos series precedentes; pero las dosis de nitrato empleadas son también mucho mayores. A esto se debe en esta serie, los valores bajos del cociente  $\frac{a}{b}$ .

En el ensayo con óxido de calcio, la disminución de

la D.B.O. da valores próximos a los que se obtienen en la serie del "perclorón"; es decir esta disminución es mayor que la observada en la serie del cloro y menor que la correspondiente al nitrato de sodio. Pero las dosis de cal empleadas, están bastante más próximas a las de nitrato, que a las dosis de cloro y "perclorón", siendo éstas muy inferiores a aquellas.

Como dato ilustrativo sobre la eficiencia relativa de los diferentes agentes ensayados se puede citar este ejemplo : para obtener una reducción de 30-35 mg/l en la D.B.O. de una misma muestra, se requiere un mínimo de 9 mg/l de cloro (60 % de la demanda de cloro total), obteniéndose el mismo efecto con 3 mg/l de cloro "útil" (20 % de la demanda de cloro) en el caso del "perclorón". La reducción mínima de la D.B.O. observada en los ensayos con nitrato de sodio y óxido de calcio, es de 45 mg/l en ambos casos, y corresponde a un agregado de 30 mg/l de nitrato de sodio en el primer caso y de 24 mg/l de óxido de calcio en el segundo (').

En resumen, el análisis comparativo de los resultados que se obtienen con los diferentes tratamientos permite establecer :

---

(').- Para poder comparar los resultados de los diferentes ensayos, la acción del óxido de calcio se analiza en función de la dosis agregada, y no del pH que se alcanza con esta dosis. Sin embargo, se debe tener presente que la acción preponderante de la cal se debe al aumento de pH que produce, y que este aumento, aún para una misma dosis de cal, puede variar ampliamente con la naturaleza de la muestra. Por este motivo, en el cuadro N<sup>o</sup> 10, no sólo se indica la dosis de óxido de calcio agregada, sino también el pH que alcanza la muestra después de tratada.-

- 1) El cloro, el "perclorón", el nitrato de sodio y el óxido de calcio disminuyen la D.B.O. del líquido cloacal.
- 2) En todos los casos, el cociente  $\frac{a}{b}$  disminuye a medida que aumenta la dosis empleada, lo que significa que, para cualquiera de los 4 agentes ensayados, la eficiencia por unidad de peso es menor, cuanto mayor es la cantidad de reactivo - empleado.
- 3) Si la reducción de la D.B.O. se expresa para el caso del - cloro y el "perclorón" por mg/l de cloro útil; para el caso del nitrato se expresa por mg/l de oxígeno que este suministra; y para el caso del óxido de calcio, la reducción se expresa por mg/l de cal agregada, la eficacia de los trata - mientos ensayados es en orden decreciente como se enumera a continuación :
  - a) "PERCLORON".
  - b) CLORO.
  - c) NITRATO DE SODIO.
  - d) OXIDO DE CALCIO.

## V

TRATAMIENTO DEL LIQUIDO CLOACAL PARA REDUCIR  
EL NUMERO DE GERMESES

Como complemento de los ensayos precedentes se estudió también la acción que ejercen el cloro, el "perclorón" y el óxido de calcio sobre las bacterias del grupo Coli-aerógenes, eligiéndose este grupo por el importante significado sanitario que posee. Se comprobó además que el nitrato de sodio, no ejerce acción apreciable sobre aquel.

Con cada una de las muestras tratadas se hicieron seis diluciones (desde  $\frac{1}{10}$  a  $\frac{1}{10^6}$ ) con agua de consumo esterilizada, sembrando con cada dilución 3 tubos de caldo Mc Conkey (1 ml de dilución por tubo). La misma operación se hizo con la muestra sin tratar.

En los casos en que <sup>o</sup>creyó conveniente, además de la muestra diluida, se sembró también la muestra sin diluir.

a) ACCION DEL "AGUA DE CLORO" SOBRE LAS BACTERIAS DEL  
GRUPO COLI-AEROGENES

Después de tratadas con cloro, las muestras se incubaron a 15°C. Cada dos días se extrajo de la incubadora una muestra sin tratar y una serie de muestras tratadas para determinarles bacterias del grupo Coli-aerógenes.

Los resultados figuran en el cuadro N° 11 y están representados gráficamente (') en la página N° 66. El cloro agregado se

---

(').- Dada la amplitud de la variación del número de bacterias coliformes, se ha usado en las ordenadas escala logarítmica.-

- CUADRO N<sup>o</sup> 11 -

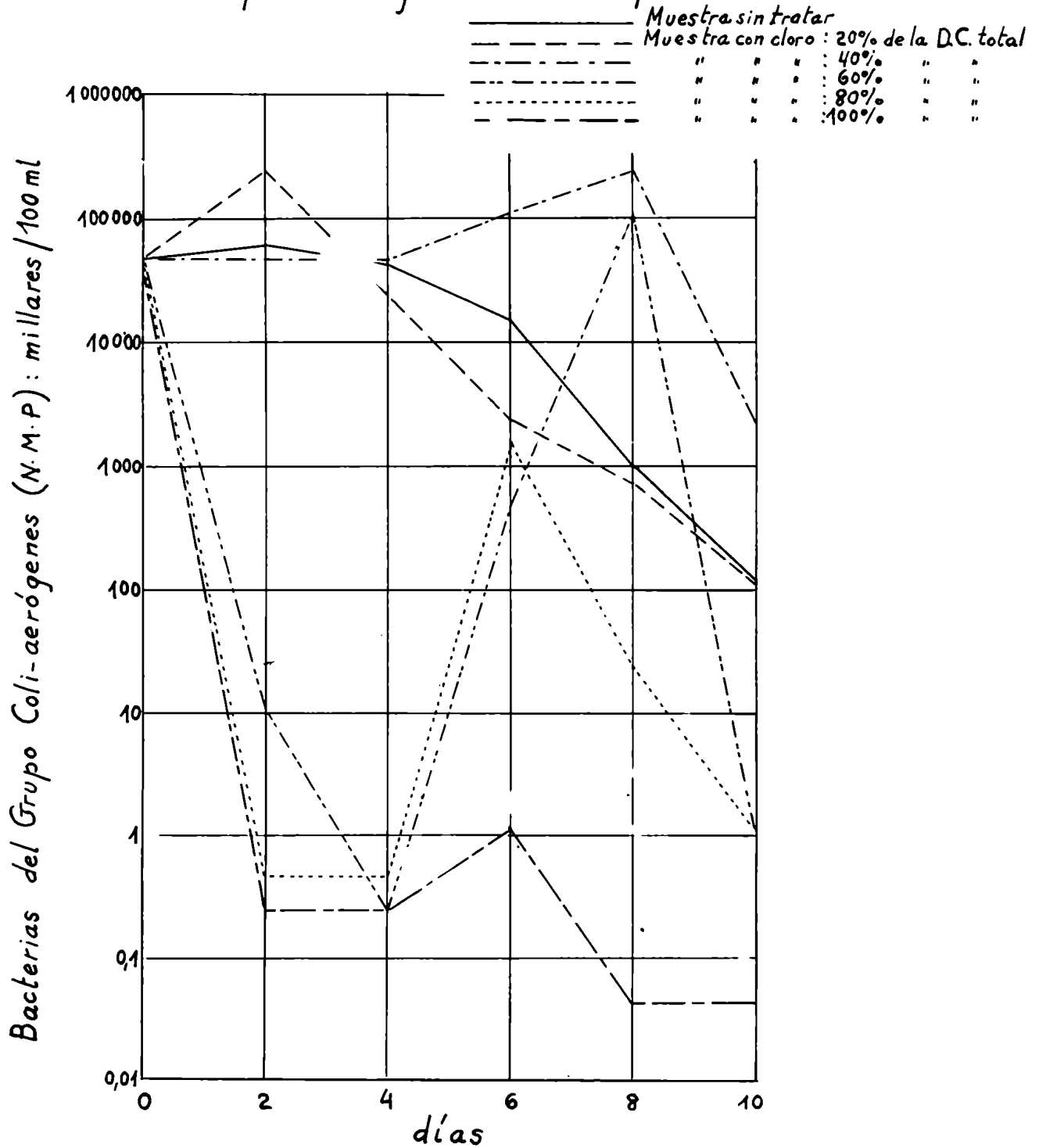
Acción del CLORO sobre las bacterias del Grupo Coli-aerógenes  
en distintos periodos de incubación.

Porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro	<u>Periodo de incubación</u>				
	2 días	4 días	6 días	8 días	10 días
	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)
0 (2)	60.000	41.900	14.900	1.000	120
20	∑ 240.000	24.000	2.400	720	110
40	46.000	46.000	110.000	∑ 240.000	2.900
60	11	∩ 0,24	460	110.000	1,1
80	0,46	0,46	1.500	24	1,1
100	∩ 0,24	∩ 0,24	1,1	0,043	0,043

(1).- Bacterias del Grupo Coli-aerógenes (N.M.P.) : millares por 100 ml.-

(2).- Muestra original : promedio de tres determinaciones.-

Gráfico N° 7  
 Acción del CLORO sobre las bacterias  
 del Grupo Coli-aerógenos en distintos periodos de incubación





expresa como porcentaje de la demanda de cloro total. (Esta es de 15 mg/l).

En las curvas que corresponden a una satisfacción de la demanda de cloro del 20 y 40 % respectivamente, no se observa en general una acción desinfectante apreciable, notándose por el contrario que para ciertos períodos, el contenido en bacterias coliformes de la muestra clorada, es superior al de la muestra sin clorar. (Ver gráfico N<sup>o</sup> 7).

Satisfaciendo el 60 y 80 % de la demanda de cloro total, se observa que las curvas correspondientes presentan un mínimo bien marcado entre los 2 y los 4 días de incubación, aumentando luego notablemente su contenido en bacterias coliformes. Este aumento se debe a que desaparece la acción desinfectante del cloro.

Cuando se satisface el 100 % de la demanda de cloro, se obtiene una desinfección bien apreciable, observándose que el aumento posterior de bacterias coliformes que experimenta la muestra es poco acentuado y muy inferior a los anteriores.

En resumen, los resultados de este ensayo indican que satisfaciendo el 100 % de la demanda de cloro total se consigue disminuir apreciablemente el número de bacterias coliformes; satisfaciendo el 80 y el 60 %, se obtiene una disminución semejante a la anterior; pero después del cuarto día de incubación, comienza a aumentar el número de bacterias. Cuando sólo se satisface el 20 y 40 % de la demanda de cloro total, no se obtienen resultados satisfactorios.

b) ACCION DEL "PERCLORON" SOBRE LAS BACTERIAS DEL GRUPO COLI-AEROGENES

Este ensayo se realizó en forma similar al anterior, con la única diferencia que, para satisfacer el porcentaje correspondiente de la demanda de cloro de la muestra, se usó en todos los casos

"perclorón" en lugar de "agua de cloro". Los resultados figuran en el cuadro N<sup>o</sup> 12, y están representados gráficamente en la página N<sup>o</sup> . (Gráfico N<sup>o</sup> 8).

Se observa que, cuando se satisface el 20 % de la demanda de cloro, se obtiene una escasa acción desinfectante, excepto a los 10 días de incubación (').

Cuando se satisface el 40 % de la demanda de cloro, se obtiene en los primeros días una ligera acción desinfectante; pero ésta luego se anula, siendo mayor el número de bacterias coliformes - en la muestra tratada que en la sin tratar.

Satisfaciendo el 60 y el 80 % de la demanda de cloro total, se obtiene una desinfección acentuada que persiste hasta el sexto día de incubación, a partir del cual aumenta en forma brusca el número de bacterias coliformes, para volver luego a disminuir; en cambio, cuando se satisface el 100 % de la demanda de cloro, se consigue una disminución apreciable en el número de bacterias coliformes hasta el final de la experiencia.

Resumiendo los resultados de este ensayo puede decirse que, cuando se satisface el 100 % de la demanda de cloro total, se consigue una disminución apreciable del número de bacterias coliformes, y que esta acción persiste hasta el final de la experiencia - (10<sup>o</sup> día de incubación); satisfaciendo el 60 y 80 % de la demanda de cloro también se consigue una desinfección apreciable, pero en este caso, la acción no es tan persistente. Con dosis de cloro que sólo satisfacen el 20 y 40 % de la demanda total, no se obtienen buenos resultados.

---

(').- A este último dato, en completa discrepancia con los resultados generales, no se debe atribuir mayor valor.-

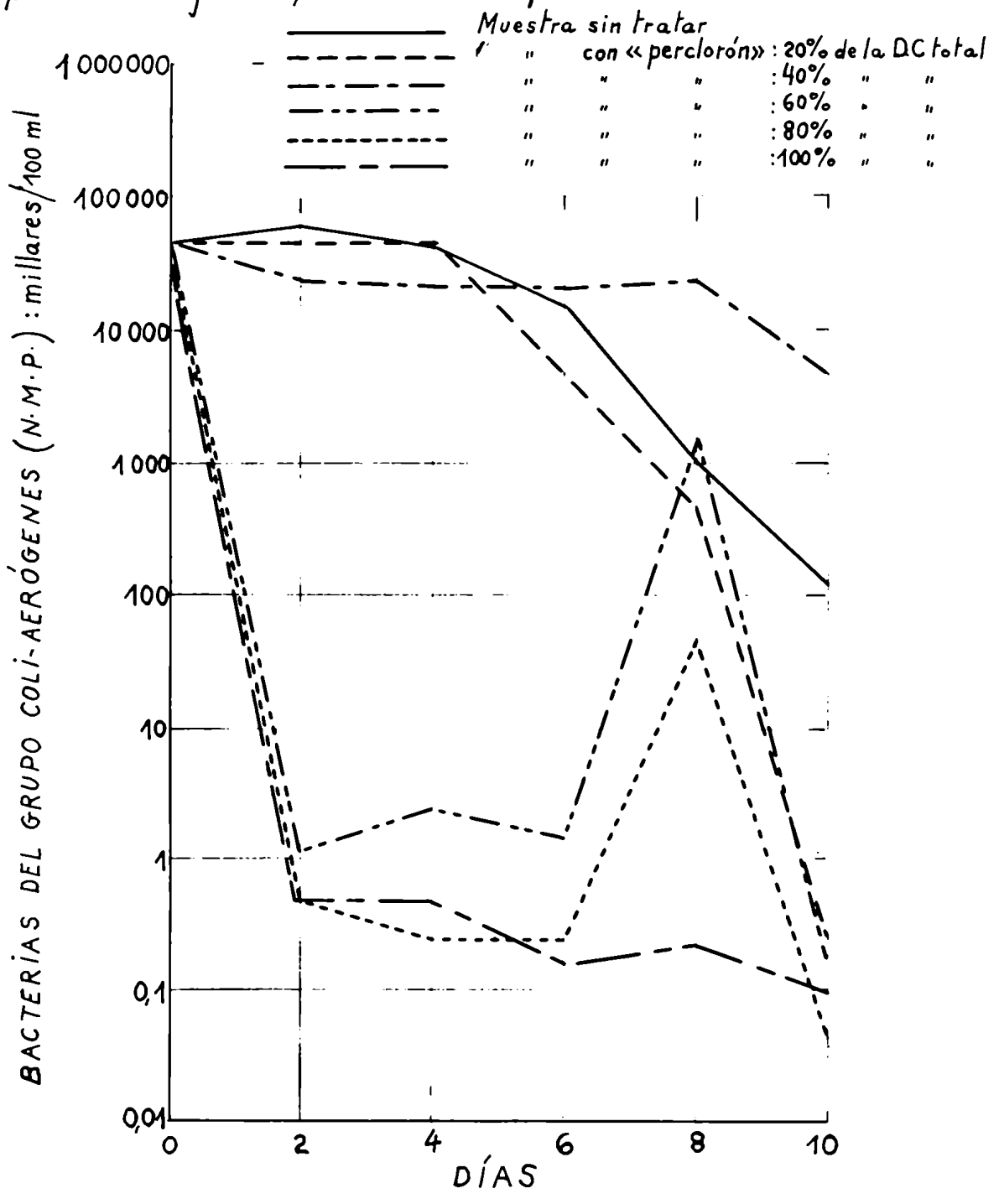
- CUADRO N<sup>o</sup> 12 -Acción del "PERCLORON" sobre las bacterias del Grupo Coli-aerógenes en distintos periodos de incubación.

Porcentaje satisfecho de la Demanda de Cloro	<u>Período de incubación</u>				
	2 días	4 días	6 días	8 días	10 días
	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)
0 (2)	60.000	41.900	14.900	1.000	120
20	46.000	46.000	4.600	460	7 0,24
40	24.000	21.000	21.000	24.000	4.600
60	1,1	2,4	1,4	1.500	0,15
80	0,46	7 0,24	0,24	46	0,043
100	0,46	0,46	0,15	0,21	0,093

(1).- Bacterias del Grupo Coli-aerógenes (N.M.P.) : millares por 100 ml.-

(2).- Muestra original : promedio de tres determinaciones.-

Gráfico No 8,  
 Acción del «PERCLORÓN» sobre las bacterias  
 del Grupo Coli-aerógenas, en distintos periodos de incubación



c) ACCION DEL OXIDO DE CALCIO SOBRE LAS BACTERIAS  
DEL GRUPO COLI-AEROGENES

A las muestras tratadas con diferentes cantidades de cal, se les determinó "pH" y luego se incubaron a 15°C. Lo mismo se hizo con una muestra sin tratar.

Cada dos días, se extrajo de la incubadora una muestra sin tratar, y una serie de muestras con cal, para determinarles bacterias del grupo Coli-aerógenas. Los resultados figuran en el cuadro N° 13, y están representados gráficamente en la página N° . - (Gráfico N° 9). Cada una de las curvas corresponde a un pH inicial de terminado, el cual se obtuvo variando el agregado de cal.

En general se observa que, para una misma dosis de cal, la acción desinfectante se intensifica a medida que aumenta el período de incubación. Además, a medida que aumenta la dosis de cal, disminuye en general el número de bacterias coliformes correspondiente a un mismo período de incubación.

d) ANALISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS  
CON LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

Si se compara la acción desinfectante del cloro y el "perclorón", se observa que existe una similitud bastante apreciable en su comportamiento. En ambos casos, satisfaciendo el 20 y el 40 % de la demanda de cloro, no se obtiene una reducción apreciable del número de bacterias coliformes, observándose en cambio que, para ciertos períodos, las muestras tratadas tienen mayor número de bacterias que la muestra sin tratar.

Cuando se satisface el 60 y el 80 % de la demanda de cloro total ya sea con cloro o con "perclorón", se observa una disminución apreciable del número de bacterias coliformes; pero la acción desinfectante no es persistente, y al cabo de cierto tiempo el número

## - CUADRO Nº 13 -

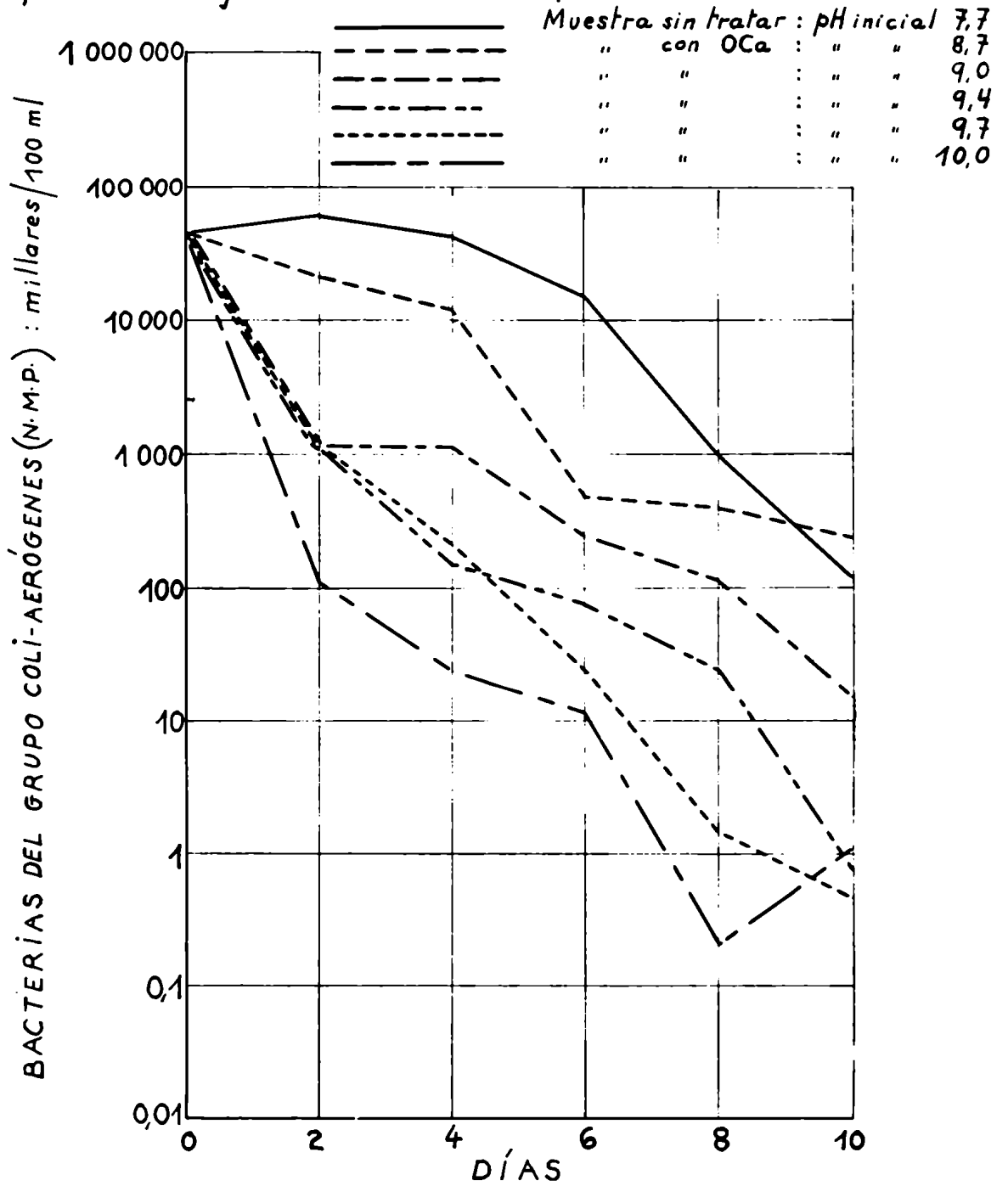
**Acción del OXIDO DE CALCIO sobre las bacterias del**  
**Grupo Coli-aerógenes en distintos**  
**periodos de incubación.**

OCa agregado mg/l	pH inicial	<u>Periodo de incubación</u>				
		2 días	4 días	6 días	8 días	10 días
		G.C.A. (1)	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)	G.C.A. (1)
0 (2)	7,7	60.000	41.900	14.900	1.000	120
24	8,7	21.000	12.000	460	390	240
40	9,0	1.100	1.100	240	110	15
80	9,4	1.100	150	75	24	0,75
120	9,7	1.100	210	24	1,4	0,46
160	10,0	110	24	11	0,21	1,1

(1).- Bacterias del Grupo Coli-aerógenes (N.M.P.) : millares por 100 ml.-

(2).- Muestra original : promedio de tres determinaciones.-

Gráfico N° 9  
 Acción del ÓXIDO de CALCIO sobre las bacterias  
 del Grupo Coli-aerógenes, en distintos períodos de incubación.



de bacterias comienza a aumentar.

Finalmente, cuando en ambos casos se satisface el 100 % de la demanda de cloro, se obtiene una acción desinfectante intensa y que persiste hasta el último día de incubación.

Con el óxido de calcio, se observa una desinfección en general menor que la producida por el cloro y el "perclorón", lo cual resulta más notable, si se comparan las dosis respectivas. Como dato ilustrativo puede recordarse que las dosis mínimas de cloro y de óxido de calcio aplicadas, fueron respectivamente de 3 y 24 mg/l; y que las dosis máximas correspondientes fueron de 15 y 160 mg/l.

En resumen, con el óxido de calcio no se consigue una reducción tan rápida ni tan acentuada del número de bacterias coliformes, como la que se consigue con el cloro y el "perclorón"; pero en cambio su acción es más persistente, y en general las curvas correspondientes al ensayo con óxido de calcio, indican una disminución gradual del número de bacterias coliformes en el transcurso de la experiencia, sin presentar los ascensos bruscos que se observan en las curvas del cloro y el "perclorón".

-----•-----



**C - APLICACION EN LA PRACTICA DE LOS TRATAMIENTOS**  
**ENSAYADOS EN EL LABORATORIO**

La aplicación en gran escala de los tratamientos en sayados en el laboratorio exige considerar además de los resultados - experimentales, la simplicidad y el costo relativo de estos tratamientos, analizando las diferencias que aparecen al pasar del laboratorio a la práctica.

Se debe destacar que, las conclusiones respecto a - la eficiencia relativa de los agentes ensayados, se han establecido - considerando la dosis que se aplica y el efecto que ésta produce en - cada caso; pero hasta ahora no se ha mencionado el precio de costo - (en condiciones normales), de los diferentes reactivos, característica muy importante para decidir su aplicación en gran escala. Si a éste lo expresamos por unidad de peso, resulta que el cloro y el "perclorón" (') tienen aproximadamente el mismo precio, el cual es 5 veces mayor que el precio del nitrato de sodio, y 10 veces mayor que el correspondiente al óxido de calcio.

Como es lógico, una diferencia tan apreciable en el precio, influye en la elección del tratamiento a aplicar, tanto más, cuanto mayor sea la dosis requerida. Así por ej. al hablar de la eficiencia relativa de los distintos agentes para evitar la presencia de hidrógeno sulfurado, hemos dicho que, si se desea mantener la concentración de sulfuros igual o menor a 1,5 mg/l durante 6 días, se requiere 4 veces más óxido de calcio (en peso) que cloro; y 25 veces más nitrato de sodio que cloro (ya sea como agua de cloro o "perclorón"); sin embargo, si se tienen ahora en cuenta los precios respectivos, el tratamiento con óxido de calcio resulta el más económico para conseguir ese retardo de seis días, siendo el tratamiento con nitrato de sodio, el más costoso.

---

(').- El precio del "perclorón" se refiere al precio por unidad de peso de cloro "útil", no por unidad de "perclorón" bruto.-

Un cálculo similar podría repetirse, extrayendo de los resultados experimentales, las cantidades que se necesitan de cada agente para obtener un efecto determinado (un retardo determinado en la producción de sulfuros, o una cierta reducción en la D.B.O. por ejemplo); y conociendo los precios relativos calcular cual resulta el tratamiento más económico para conseguir ese retardo o esa reducción.

Pero además, el costo de un determinado tratamiento está supeditado a las características de su aplicación.

La inyección de cloro, sobre todo cuando éste se aplica eventualmente, resulta costosa por el equipo que se requiere. - Si se lo inyecta directamente, se precisan difusores sumergidos por lo menos a 1.20 m de profundidad, por ser el cloro poco soluble en agua; y para agregarlo ya disuelto ("agua de cloro"), es necesario disponer de agua a presión. Además, el manejo del cloro no está exento de peligros.

Una de las ventajas del uso del cloro, deriva de que su acción desinfectante y desodorizante es casi instantánea, y de que ésta puede hacerse extensiva a la atmósfera gaseosa en contacto con el líquido de los conductos. Sin embargo, debe cuidarse que el desprendimiento de cloro no sea abundante, pues sus emanaciones atacan la estructura de los conductos.

La cloración con compuestos sólidos como el "perclorón", resulta más fácil por el rudimentario equipo que requiere; pero como en el caso del cloro, la escasa solubilidad de estos productos dificultan su aplicación. En la práctica, la cloración con "perclorón" se suele reemplazar con la inyección simultánea de cloro y lechada de cal. Esta última fija el cloro, pudiendo practicarse la inyección en conductos poco profundos, sin que haya pérdida de cloro.

La inyección de cal al estado de lechada, que es la manera más corriente de hacerlo, presenta el inconveniente del apagado de la cal, especialmente cuando deben aplicarse dosis grandes. -

Cuando se requieren dosis pequeñas, este inconveniente puede obviarse usando cal hidratada; pero para grandes cantidades, la substitución - de la cal viva por la cal hidratada, resulta costosa.

Por otra parte, es difícil conseguir la inyección y distribución homogénea de la cal.

La aplicación del nitrato de sodio no ofrece mayo - res dificultades. Es más simple que las anteriores, y no implica ningún riesgo para el operador. Tiene la ventaja de su gran solubilidad, y dado que no exige ningún equipo especial, el uso del nitrato de sodio resulta muy aconsejable para tratamientos eventuales.

Finalmente debemos analizar las diferencias que apa - recen al pasar del laboratorio a las condiciones reales. En los con - ductos y depósitos cloacales, el líquido cloacal se encuentra en con - tacto con depósitos de lodo y con cieno acumulado en las paredes, que aumentan su contaminación, su demanda de cloro y su D.B.C., disminu - yendo la eficiencia del tratamiento aplicado; además, la mezcla homo - génea y el contacto prolongado que se consigue en el laboratorio en - tre la muestra y el reactivo, es difícil de obtener en la práctica.

La influencia cuantitativa de estos factores no se conoce; pero se presume que ha de ser grande, y probablemente varia - ble con la naturaleza del tratamiento.

De lo expuesto se desprende que, cumplida la etapa previa de las experiencias de laboratorio, deberá pasarse a la aplica - ción de los diferentes tratamientos en condiciones reales, para resol - ver si en estas condiciones se conserva el orden de eficiencia esta - blecido en el laboratorio, o si por el contrario se altera. Deberá - además investigarse, si el efecto que una determinada dosis produce - en las condiciones experimentales, se conserva cuando ésta se aplica en condiciones reales; pero, la elucidación de estos problemas, esca - pa al alcance del presente trabajo.

**D - CONCLUSIONS GENERALES**

El estudio (') comparativo sobre la acción de diferentes agentes para evitar condiciones ofensivas en aguas contaminadas, permite establecer las siguientes conclusiones generales :

ACCION DEL "AGUA DE CLORO"

a) Sobre la presencia de hidrógeno sulfurado en el líquido cloacal :

- 1) El cloro en dosis adecuadas destruye los sulfuros y retarda su formación ulterior.
- 2) Dosis que satisfacen hasta el 15 % (inclusive) de la demanda de cloro total no ejercen acción apreciable en la producción de sulfuros.
- 3) Satisfaciendo del 20 al 25 % de la demanda de cloro, se re -  
tarda (") la producción de sulfuros durante dos días.
- 4) Dosis de cloro que satisfacen el 40 % de la demanda total, -  
producen un retardo de seis días.
- 5) Con dosis de cloro que satisfacen más del 40 % de la demanda total se obtienen retardos aún mayores.
- 6) Al pasar del 20 al 40 % de la demanda de cloro, se observa -  
un descenso brusco en el contenido de sulfuros.

---

(').- Se puede recordar que el estudio se realizó con líquido cloacal sedimentado, a 15°C, y conservado en frascos completamente llenos de líquido y herméticamente cerrados para evitar la aeración -  
ción.-

(").- Por retardo se entiende el período durante el cual la concentración de sulfuros se mantiene inferior a 1,5 mg/l.-

**b) Sobre la demanda bioquímica de oxígeno :**

- 1) El cloro reduce la D.B.O. del líquido cloacal en un 14 %, - cuando se satisface el 100 % de la demanda de cloro total.
- 2) En estas condiciones, se obtiene una reducción de 2,3 mg/l - en la D.B.O. por mg/l de cloro suministrado.
- 3) A medida que aumenta el porcentaje satisfecho de la demanda de cloro total, la reducción de la D.B.O. por unidad de cloro agregado es menor.

**c) Sobre el número de bacterias coliformes :**

- 1) Cuando se satisface el 100 % de la demanda de cloro se obtiene una reducción acentuada del número de bacterias coliformes.
- 2) Satisfaciendo el 80 % o el 60 % también se obtiene una reducción apreciable; pero después del cuarto día de incubación - se observa un recrecimiento notable.
- 3) Cuando se satisface el 20 % o 40 % de la demanda de cloro total no se obtienen resultados satisfactorios.

**ACCION DEL "PERCLORON"****a) Sobre la presencia de hidrógeno sulfurado en el líquido cloacal :**

- 1) En dosis apropiadas, el "perclorón" destruye los sulfuros y retarda su formación ulterior.
- 2) Satisfaciendo hasta el 15% (inclusive) de la demanda de cloro total, se obtiene una acción nula o poco apreciable sobre la producción de sulfuros.

- 3) Satisfaciendo del 20 al 25 % de la demanda de cloro se retar da la producción de sulfuros durante dos días.
- 4) Cuando se satisface el 40 % de la demanda se obtiene un re - tardo de seis días.
- 5) Con mayores dosis se obtienen retardos aún mayores.
- 6) También aquí se observa un "salto" notable en la producción de sulfuros al pasar del 20 al 40 % de la demanda de cloro.
- 7) En general se observa que el "perclorón" es más efectivo que el cloro para prevenir la producción de sulfuros durante pe ríodos largos.

b) Sobre la demanda bioquímica de oxígeno :

- 1) Cuando se satisface el 100 % de la demanda de cloro total, - se obtiene una reducción de la D.B.O. de 24 %.
- 2) En esas condiciones, se obtiene una reducción de 4 mg/l en - la D.B.O. por mg/l de cloro "útil" suministrado.
- 3) A medida que aumenta el porcentaje satisfecho de la demanda de cloro total, la reducción de la D.B.O. por unidad de clo - ro "útil" es menor.
- 4) Cuando se aplica la misma cantidad de cloro "útil", el "per - clorón" produce una reducción de la D.B.O. mayor que la que produce el "agua de cloro".

c) Sobre el número de bacterias coliformes :

- 1) Cuando se satisface el 100 % de la demanda de cloro total, - se consigue una disminución acentuada del número de bacterias coliformes.



- 2) Satisfaciendo el 60 y el 80 % de la demanda de cloro también se obtiene una reducción apreciable, pero luego se observa - un recrecimiento notable.
- 3) Con dosis de cloro que sólo satisfacen el 20 y el 40 % de la demanda total, no se obtienen buenos resultados.

### ACCION DEL NITRATO DE SODIO

#### a) Sobre la presencia de hidrógeno sulfurado en el líquido cloacal :

- 1) El nitrato de sodio retarda la producción de sulfuros, siendo el retardo más apreciable a medida que aumenta la dosis - de nitrato.
- 2) El efecto de una misma dosis se hace más acentuado al aumentar el período de incubación.
- 3) Con dosis de nitrato de sodio (') comprendidas entre 30 y 90 mg/l se retarda la producción de sulfuros durante tres días; con 120 mg/l durante cuatro días; y cuando se agrega 150 - mg/l de nitrato de sodio, el período de retardo tiene seis - días de duración.

#### b) Sobre la demanda bioquímica de oxígeno :

- 1) El nitrato de sodio reduce la D.B.O. del líquido cloacal.
- 2) En los casos en que se consumió todo el nitrato de sodio agregado, se obtuvo una reducción mínima de 1,5 mg/l en la D.B.O. por mg/l de oxígeno suministrado por el nitrato.

---

(').- La dosis mínima de nitrato de sodio (30 mg/l) satisface el 6,9 % de la D.B.O. inicial de la muestra; la dosis máxima (150 mg/l) satisface el 34,5 % de la D.B.O.-

- 3) La disminución de la D.B.O. por mg/l de oxígeno suministrado, disminuye a medida que aumenta el agregado de nitrato de sodio.

c) Sobre el número de bacterias coliformes :

Se comprobó que el nitrato de sodio no ejerce acción apreciable sobre el número de bacterias coliformes.

ACCION DEL OXIDO DE CALCIO

a) Sobre la presencia de hidrógeno sulfurado en el líquido cloacal :

- 1) El óxido de calcio resulta un agente muy eficaz para prevenir la formación de sulfuros.
- 2) Con un agregado de cal que lleva a 8,7 el pH de la muestra tratada, se retarda la producción de sulfuros durante dos días; con "pH" 9,0 se consigue el mismo efecto durante 6 días; y con "pH" 9,4 y 9,7 durante 8 días.
- 3) A medida que aumenta el período de incubación se hace más notable la influencia de la dosis de cal en la producción de sulfuros.
- 4) Dosis de óxido de calcio que elevan por encima de 9,5 el pH de la muestra original, le comunican un fuerte olor a pescado en putrefacción.

b) Sobre la demanda bioquímica de oxígeno :

- 1) El tratamiento con óxido de calcio reduce la D.B.O. del líquido cloacal (').
- 2) Con la dosis mínima agregada (24 mg/l) se obtuvo una reducción de la D.B.O. de 18 %.
- 3) La disminución de la D.B.O. atribuible al óxido de calcio varía poco al variar la dosis de éste.
- 4) La disminución de la D.B.O. por mg/l de óxido de calcio agregado, disminuye a medida que aumenta la dosis de cal.

c) Sobre el número de bacterias coliformes :

- 1) Para una misma dosis de óxido de calcio, la acción desinfectante se intensifica a medida que aumenta el período de incubación.
- 2) En general, a medida que aumenta la dosis de cal disminuye el número de bacterias coliformes correspondiente a un mismo período de incubación.

---

(').- El cloro origina una reducción de la D.B.O. aproximadamente 10 veces mayor que la correspondiente al oxígeno que libera. (Ver en "Introducción" la parte que corresponde a cloración). Esto se explica por las modificaciones que introduce el cloro en la materia orgánica, haciéndola menos apta para el consumo bacteriano. Los resultados obtenidos con óxido de calcio parecen indicar que en este caso sucede algo semejante, lo cual sería de interés confirmar en estudios posteriores.-

- 3) Con el óxido de calcio no se consigue una reducción tan rápida ni tan acentuada del número de bacterias coliformes como la que se consigue con el cloro y el "perclorón"; pero en cambio su acción es más persistente, y en general en las curvas correspondientes al ensayo con óxido de calcio no se observan los recrecimientos bruscos que presentan las curvas del cloro y el "perclorón".

Antes de finalizar insistiremos sobre el hecho que las conclusiones precedentes sólo tienen validez precisa en las condiciones experimentales, las cuales ya han sido establecidas con todo detalle.

La aplicación en gran escala de los tratamientos ensayados en el laboratorio, se discutió brevemente en el capítulo anterior.

---

*Donjeatipuf.*

B - BIBLIOGRAFIA

- (1) - RUDOLFS, W : Principles of Sewage Treatment. National Lime Association. (1941).-
- (2) - STARKEY, R. L : "A study of spore formation and other morphological characteristics of *Vibrio desulfuricans*". Archiv. f. Mikrobiologie, 9, 268,, (1938).-
- (3) - HEUKELEKIAN, H : "Sewage Chlorination for Odor Control". - Water Works & Sewerage, 89, 302, (1942).-
- (4) - KEEFER, C. E : Sewage Treatment Works. 1<sup>ra</sup> edicion, (1940). Editor : Mc Graw - Hill Book Company. N. York.-
- (5) - JOHNS, C. K : Ind. and Eng. Chem, 26, 787, (1934).-
- (6) - MALLMANN, W. L. y SCHALM, O : Mich. State College of Agr.- Eng. Exp. Station. Bull 44, (1934).-
- (7) - CHARLTON, D. y LEVINE, M : Iowa. State. Coll. Agr. Mech. - Arts. Eng. Exp. Station. Bull 132, (1937).-
- (8) - TIEDEMAN, W. V. D : Eng. News. Record, 98, 944, (1927).-
- (9) - RUDOLFS, W : Water Works & Sewerage, 81, 343, (1934).-
- (10) - COMMITTEE ON SEWAGE DISPOSAL : Rept. on Sewage Disposal. - Public Health Eng. Sec., Am. Pub. Health Assoc., (1934).-
- (11) - ENSLOW, L. H : Eng. J., 12, 136, (1929).-
- (12) - RUDOLFS, W. y GEHM, H. W : N. J. Agr. Exp. Station. Bull. 601, (1936).-
- (13) - HEUKELEKIAN, H : "Effect of the addition of sodium nitrate to sewage on hydrogen sulfide production and D.B.O. reduction". Sewage Works J., 15, 255, (1943).-
- (14) - CARPENTER, W. T : " Sodium Nitrate used to control nuisances". Water Works & Sewerage, 79, 175, (1932).-
- (15) - FALES, A. L : "Treatment of Industrial Wastes from Paper Mills and Tannery on Neponsit River". Ind. Eng. Chem, 21, 216, (1929).-
- (16) - SANBORN, W. T : " Nitrate Treatment of Cannery Waste". - Fruit Products J., 20, 207, (1941). Chem. Abst., 3352,(1941).-

- (17) - HOOVER, C. P : Water Supply and Treatment. National Lime - Association. Bull. 211, (1936).-
- (18) - POMEROY, R. C : Sewage Works J., 13, 498, (1941), y 8, 572, (1936).-
- (19) - SALLB, A. B. y REINKB, E. A : " Antimony Method for sulfide determination". Calif. Sewage Works J., 2; 208, (1929).-
- (20) - LABORATORIO DE OBRAS SANITARIAS DE LA NACION. Métodos para el examen de las aguas y de los líquidos cloacales. B.XXII. Sulfuros. (1943).-
- (21) - THERIAULT, B. J : "The Precision Attainable in Oxigen Demand Determinations". Public Health Bull, N° 173, (1927).-
- (22) - TILLMANS, J. y SUTTHOFF, W : Z. Anal. Chem., 50, 473, (1911).-
- (23) - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION AND AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Sewage. 8<sup>a</sup> edición (1936).-
- (24) - MILLER, MALLMANN y DEVEREUX : "Stabilization of Chlorine in Water". Am. J. Pub. Health, 32, N° 9, (1942).-
- (25) - ELDRIDGE, E. F : Industrial Waste Treatment Practice, p. - 377, 1<sup>a</sup> edición, (1942). Editor : Mc Graw - Hill Book Company. N. York.-
- (26) - WILSON, G. S., TWIGG, R. S., WRIGHT, R. C., HENDRY, C. B., COWELL, M. F., y MAIBR, I : "The Bacteriological Grading of Milk". Special Rep. Ser. Med. Res. Council. Londres, N° 206, (1935).-
- (27) - HOSKINS, J. K : Pub. Health Rep., 49, 393, (1934).-