

Acción de los compuestos de los elementos alcalino-térreos como agentes reguladores en flotación diferencial

POR EL

DR. GREGORIO NAVARRO HIDALGO DE CISNEROS

I.

INTRODUCCION

En el transcurso de su vida, la humanidad consumió unos 50.000 millones de toneladas de carbón, extrajo 2.000 millones de toneladas de hierro, 80 millones de cobre, plomo y cinc, 200.000 toneladas de plata y 20.00 toneladas de oro.

Para tener una idea del desarrollo de la minería en nuestros días, indicaremos las cantidades aproximadas de la extracción anual media, de algunos materiales:

Carbón	1.300 millones de toneladas
Hierro	100 » » »
Sales	30 » » »
Cal	25 » » »
Varios metales	10 » » »

Este ritmo creciente de consumo de metales y aleaciones, a medida que ha aumentado la población, con una elevación paralela del nivel de vida, ha provocado el fenómeno general de la desaparición de la mayor



parte de yacimientos de menas ricas, y que el hombre se haya visto obligado a la explotación de minerales de riqueza muy baja. Este hecho lo vemos confirmado plenamente en nuestra Patria, que en tiempos fue uno de los principales productores de plomo, pero en la actualidad sólo se ha logrado obtener, en 1960, gracias a la ayuda prestada por el Ministerio de Industria, 114.000 Tm de plomo.

La producción en España de plomo y cinc en los últimos 20 años ha sido:

Año	PLOMO (miles Tm)	CINC (miles Tm)
1940	60	80
1942	48	70
1944	50	60
1946	52	70
1948	46	80
1950	60	120
1952	70	150
1954	90	160
1956	95	150
1958	105	150
1960	114	158
1961	127	165

Por otra parte, la metalurgia directa a partir de estos minerales resulta antieconómica en casi todos los casos y únicamente en momentos de cotizaciones muy elevadas de los metales, motivadas casi siempre por tensiones o conflictos internacionales, hacen posible su aprovechamiento circunstancial.

Así hemos tenido un ejemplo, muy representativo de este fenómeno, en la zona minera de la Sierra de Cartagena, en la que durante los años 1914-18, las explotaciones mineras tuvieron un próspero desarrollo económico. Pero al finalizar la «Primera Guerra Europa» se produjo una paralización casi total en las explotaciones, pues las calidades y riquezas de los minerales resultaban antieconómicas. El colapso fue tan intenso que motivó la casi despoblación de la región.

En la actualidad, las circunstancias de escasa calidad y baja riqueza de los minerales que motivaron la situación de paro antes aludida, han dejado de ser motivo prohibitivo en las explotaciones mineras. Ello se ha debido, en gran parte, al creciente auge de las técnicas de concentración de minerales por flotación, que es un proceso de separación y concentración de minerales en estado de fina división, suspendidos en forma de

pulpa, generalmente acuosa, basado en la distinta facilidad que presentan los distintos sistemas cristalinos a unirse, a través de los colectores, a las burbujas de aire o de otros gases introducidas en la pulpa.

Este sistema permite tratar no sólo minerales cuyo contenido en los metales, objeto de interés, es inferior a los contenidos en los estériles obtenidos por cualquier otro procedimiento, sino también la explotación de terreras de antiguas explotaciones y, sobre todo, de minerales pobres, con las menas íntimamente mezcladas cuyas separaciones por otros procedimientos es prácticamente imposible.

Otra ventaja importantísima del método señalado radica en la obtención de concentrados muy ricos en el metal objeto de interés, con un contenido de otros metales muy bajo, lo que facilita su posterior tratamiento metalúrgico. Aquí cabe señalar el caso de los concentrados de galena, que se deprecian progresivamente a medida que aumenta su contenido en blenda.

Junto a las extraordinarias posibilidades de aplicación de las técnicas de flotación, se pueden señalar otras ventajas, tales como poca cantidad de reactivos empleados, escasa mano de obra, inversiones relativamente pequeñas para instalaciones fijas, que hacen que el proceso de flotación sea el camino indispensable para la concentración de minerales.

La marcha a seguir, en las técnicas operativas de flotación, depende siempre de la naturaleza de los minerales a tratar, que varía mucho de unos casos a otros, por lo que ha sido necesario adoptar distintos sistemas en el proceso de flotación; así tenemos la denominada «Flotación Global» que es el fenómeno producido al añadir determinadas sustancias llamadas «colectores», a una pulpa del mineral que se desea flotar. En este caso, se obtiene un concentrado global de todas las especies minerales flotables en las condiciones operatorias y que se desean separar de la ganga. Normalmente, es necesario fraccionar este concentrado global, lo que resulta difícil, porque hay que romper la unión existente entre el mineral y el colector que le ha permitido flotar. Por esta razón han tenido gran difusión en la industria las técnicas de separación por «Flotación Diferencial», las que, en esencia, consisten en conseguir, mediante la adición de reactivos «depresores» y «activadores», que aumente o disminuya la facilidad a la flotación de cada especie mineral.

Hemos hablado hasta ahora del proceso de flotación, aplicado a la concentración de minerales, porque es donde mayor aplicación tienen hasta ahora, pero conforme se han conocido mejor los principios de flotación, se ha podido extender su campo de utilización. Así se tiene que, en la actualidad, se pueden flotar sales solubles, en una pulpa formada por solución saturada de la sal; también han tenido desarrollo y éxito las téc-

nicas de separación de coloides y líquidos, así como la recuperación de plata en soluciones fotográficas alteradas, o la depuración de aguas negras.

El desarrollo y amplitud de posibilidades de la flotación son, actualmente, inmensos: por esta razón acogimos con júbilo la propuesta de trabajo en este campo, con la esperanza y el deseo de hacer no sólo un trabajo de investigación puramente teórico, sino también de aportar algún conocimiento sobre la flotación de alguno de los minerales más representativos de nuestra región.

Finalmente, queremos hacer público, desde aquí, nuestro profundo agradecimiento a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Murcia y a la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya, sin cuyas ayudas no habría sido posible realizar el presente trabajo.



II

OBJETO DEL TRABAJO

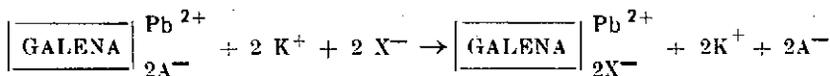
Señalada la importancia universal y la amplitud de aplicaciones y posibilidades de las técnicas de flotación, sólo nos queda por decir, a este respecto, que en nuestra Región este proceso adquiere todavía una mayor importancia, pues a diario se tratan unas diez mil toneladas de distintos minerales para obtener la galena, blenda y magnetita en ellos contenida.

En la Sierra de Cartagena la técnica que ha alcanzado mayor difusión es la denominada «Flotación Diferencial», cuyo esquema general de trabajo se da en la página siguiente.

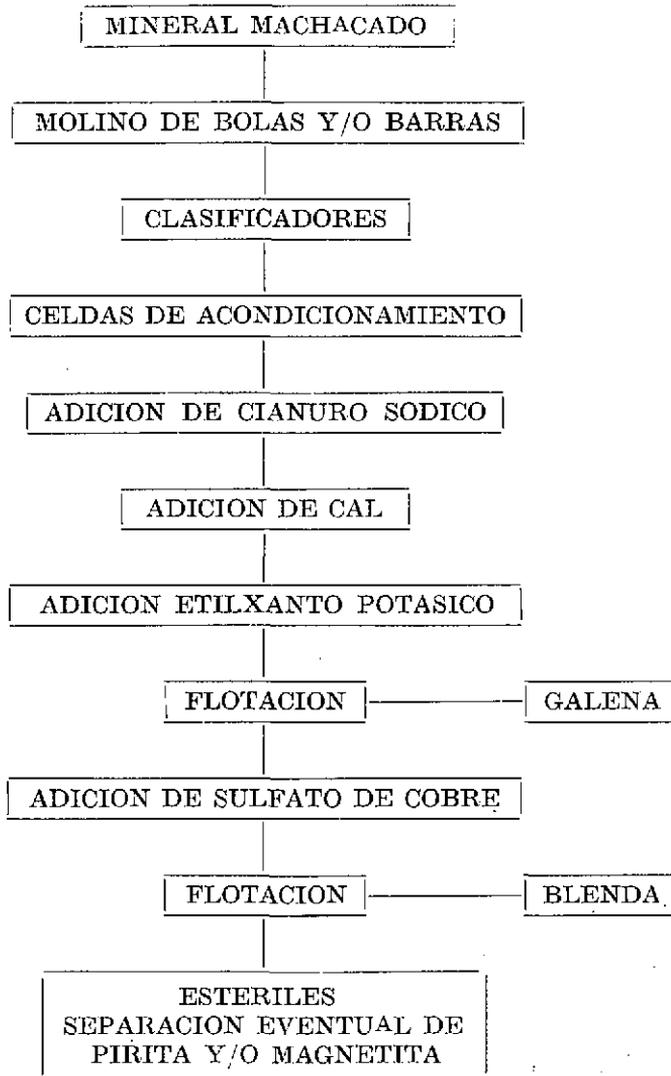
La función de cada reactivo en el proceso de flotación, es la siguiente:

Cianuro sódico: Es el depresor clásico en flotación. Los iones cianuro forman sobre la superficie de la blenda una película hidrófila, difícilmente soluble, pero fuertemente polar de $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$, película que impide la formación de otra capa colectora no polar (1-A), (2-A), (3-A).

Etil-xantato potásico: Es el colector más empleado en flotación. El mecanismo de este proceso se puede resumir así:



Los radicales etil-xantato (2X^-) se unen por su parte hidrófoba a las burbujas de aire, logrando que el conjunto formado por la burbuja-colector-partícula mineral, tenga menor densidad que la pulpa y por consiguiente flote (1-B), (2-B), (3-B).



Sulfato de cobre: Cuando se adicionan iones cobre a una pulpa que contiene blenda, que previamente se ha deprimido con iones cianuro, se forman cianuros de cobre complejos y solubles, de tal forma que es necesario adicionar nuevos iones cobre, para que fijados sobre la blenda permitan la flotación de ésta (1-C), (2-C), (3-C).

Oxido de calcio: Se considera un agente regulador, que modifica el pH. No obstante, la acción de este reactivo no es tan específica como los señalados anteriormente, porque la cal presenta una doble faceta, de modificador de pH y modificador de superficies.

Así, pues, nuestro estudio se encamina a aclarar el verdadero papel de este reactivo, en la flotación de un mineral que actualmente se trata en planta industrial. Para ello se plantean unas series de experiencias en las que interviene el mismo elemento, calcio, pero con distinto anión: cloruro, carbonato y sulfato. También se estudian los mismos compuestos de los restantes elementos alcalino-térreos para investigar la relación entre cada elemento y los correspondientes resultados de flotación.



(1) PETERSEN, W., «La Flotation» (A, pág. 233), (B, pág. 152), (C, pág. 202). Trad. francesa. Dunod. París, 1938.

(2) GAUDIN, A. M., «Flotation» (A, pág. 295), (B, pág. 310), (C, pág. 231), Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York, 2.^a edic. 1957.

(3) TAGGAR, A. F., «Handbook of Mineral Dressing» (A, págs. 12-27), (B, págs. 12-26), (C, págs. 12-07), John Wiley and Sons, Inc. New York, 5.^a edic. 1953.



III

ESTUDIO BIBLIOGRAFICO

Como ya hemos dicho anteriormente, pretendemos estudiar el efecto que ejercen sobre el pH, y éste sobre el proceso de flotación, los distintos compuestos de calcio, magnesio, estroncio y bario, y comparar este efecto con las posibles modificaciones que sobre las estructuras cristalinas de las partículas, pueden provocar los distintos reactivos.

Si atendemos al primero de los factores señalados, o sea el pH, debe preverse de igual forma que los iones libres ejercen una gran influencia sobre todas las reacciones químicas una marcada acción sobre los procesos de flotación.

Así encontramos que Petersen (4) señala que, precisamente, la flotación de los sulfuros minerales es 'a que depende en mayor grado del pH. Las razones que señala son, en resumen:

a) Las reacciones entre el «reactivo» y el mineral varían con el pH, así como la interacción del mineral con los otros agentes de flotación.

b) El pH influye en la solubilidad de las sales del mineral, con lo que se afectan, por consiguiente, las posteriores reacciones entre éstas y los reactivos de flotación.

c) También las propiedades superficiales y de capacidad de adsorción de los minerales varían con el pH.

Esta variedad de interacciones entre los distintos reactivos de flotación con el mineral, hacen que para una misma especie mineral se opere

(4) PETERSEN, W., «La Flottation». Pág. 142. Trad. francesa Dunod. París, 1938.

con distintos pH, según sea la naturaleza del mineral que se trate. Esto condujo a Havre (5) a señalar la existencia de un pH óptimo, que corresponde a las mejores condiciones de flotabilidad de cada mineral; también señala este autor el concepto recogido de Wark y Cox (6) de pH crítico, como aquel valor de pH por encima del cual no es posible la unión aire-mineral; posteriormente, este concepto ha sido recogido en las obras de Taggart (7) y Gaudin (8).

Hemos visto la marcada influencia del pH, en flotación. Pero en muchos casos no es el único factor que rige el proceso de flotación; así, tenemos el papel depresor de la cal en la flotación de la pirita. Esta acción depresora no deriva solamente de la formación de un hidróxido de hierro fuertemente hidrófilo y difícilmente soluble, porque en este caso la pirita sería deprimida por todos los álcalis, lo cual no es cierto (9). Se puede suponer que esta acción se debe, al menos parcialmente, a la formación de ferrito cálcico.

A este respecto podemos preguntarnos: ¿Si la depresión de la pirita se debe al hecho combinado de la formación de hidróxido de hierro y de un ferrito cálcico, cómo se modificaría esta depresión, si mantenemos el pH para la formación del hidróxido, y cambiamos el calcio, por otro elemento alcalinotérreo? Indudablemente, al conjugar estas variables, se podrán resolver algunos casos de resistencia a la depresión de la pirita. Pero éste no es nuestro objetivo. Sin embargo, lo apuntamos como posibilidad para estudios futuros.

Otro caso de influencia no sólo del pH sino del reactivo que lo produce se tiene en la concentración de azufre de Nevada (10), cuyos mejores resultados se obtienen en una pulpa hecha ligeramente básica, $\text{pH}=7,5$ con cal.

Estos casos, aparentemente, sorprendentes, no deben extrañarnos en los procesos de flotación, pues no se puede olvidar que ácidos o álcalis distintos liberan en la pulpa mineral iones distintos: calcio, ácido carbónico, sulfúrico, iones cloro, etc. Estos iones, tienen cada uno su acción particular sobre los metales o sobre los constituyentes de la pulpa.

(5) HAVRE, H., «Concentration des Minerais par Flotation», pág. 42. Librairie Polytechnique. Ch. Belanger. Paris-Liege, 1938.

(6) WARK I. W., y Cox A. B. Trans. AIME 112, 267-302 (1934).

(7) TAGGART, A. F. «Handbook of Mineral Dressing», 12-29-30. John Wiley and Sons. Inc. New York, 5.^a edic., 1953.

(8) GAUDIN, A. M., «Flotation», pág. 284. Mc. Graw-Hill Book Company Inc. New York, 2.^a edic., 1957.

(9) PETERSEN, W., *Obra citada*, pág. 233.

(10) PETERSEN, W., *Obra citada*, pág. 146.

IV

ESTUDIO PREVIO DEL MINERAL

En la elección del mineral, objeto de nuestro estudio, hemos preferido aquellos que en sus características de explotación (proceso de flotación diferencial, cantidad beneficiada, etc.) representan un problema vigente, como es el caso de un mineral del Manto de los Azules, en la Sierra de Cartagena, que, como ya hemos dicho, se encuentra en explotación, en el mayor lavadero de flotación de España y uno de los más importantes de Europa.

Antes de iniciar el propio estudio de flotación hemos procedido al estudio íntimo del mineral, con objeto de poner interpretar en todo momento la marcha de las experiencias.

1.—Descripción mineralógica

A simple vista se observa que, diseminados en una ganga silíceo, se presentan, cristalizados: galena, marmatita, blenda ferruginosa, pirita y magnetita. Datos que se confirman fácilmente por observación microscópica.

El grado de diseminación, en la ganga, de las especies citadas es bastante grande; pero llevado el mineral a tamaño inferior a 48 mesh (0,295 mm de abertura y 0,234 mm de diámetro del alambre) (11), la ga

(11) PERRY, J. H., «Manual del Ingeniero Químico». Tomo II, pág. 1.501. Unión Tipográfica. Editorial Hispano Americana, México, 1959.



lena y la pirita se pueden considerar, prácticamente, liberadas y también la marmatita, pero con abundancia de granos mixtos en esta última; en cambio, la magnetita, en este tamaño, continúa, en su mayor parte también, en forma de mixtos.

2.—Análisis del mineral

COMPOSICION QUIMICA DEL MINERAL REFERIDA A MUESTRA DESECADA A 100-105° C

			REFERENCIA
Sílice	(SiO ₂)	26,72	(25)
Aluminio	(Al ₂ O ₃)	8,77	(26)
Magnesio	(MgO)	2,55	(34)
Calcio	(CaO)	0,90	(34)
Hierro	(Fe ₂ O ₃)	42,70	(27)
Azufre	(SO ₃)	4,66	(28)
	(S)	0,74	
Plomo	(Pb)	1,42	(22) (23)
Cinc	(Zn)	0,62	(22) (23)
Manganeso	(MnO)	1,35	(29)
Cobre	(Cu)	0,01	(30)
Cadmio	(Cd)	0,01	(30)
Sodio	(Na ₂ O)	1,10	(34)
Potasio	(K ₂ O)	0,25	(34)
Pérdida por calcinación		<u>10,01</u>	
	TOTAL	101,81	

Los resultados experimentales del análisis del mineral se dan en el apéndice analítico.

COMPONENTES DEL MINERAL SOLUBLES EN AGUA

Havre (12) ya indica la necesidad del control de las aguas utilizadas para obtener la pulpa, que posteriormente se ha de flotar, porque hay una serie de sales solubles, tales como los compuestos de calcio, aluminio, magnesio, cobre y hierro, especialmente este último, que provocan una rápida destrucción de los reactivos de flotación, concretamente del etilxantato potásico (13) y del cianuro.

(12) HAVRE, H. «Concentration des Minerais par Flotation», pág. 45. Librairie Polytechnique Ch. Beranger, París, 1938.

(13) GAUDIN, A. M. *Op. cit.*, pág. 204.

Esta necesidad la vemos corroborada por Taggart (14) pues, según este autor; hay que tener en cuenta la saturación del agua empleada al preparar la pulpa por las especies más o menos solubles que contiene el mineral.

Como, realmente, las sales solubles que juegan un papel importante en el ensayo de flotación son las solubilizadas en el proceso de molienda, hemos realizado la parte experimental del siguiente modo: Se colocan en el molino de bolas, perfectamente limpio, las bolas, 1,5 kg de mineral y 1 litro de agua destilada, y se realiza una operación normal de molienda, cuya duración es 20 minutos. Esta muestra se saca rápidamente, y se filtra una pequeña cantidad en la que se investiga inmediatamente de forma cualitativa el hierro divalente.

Se repite el ensayo, de igual forma, y todo el contenido del molino se traslada a un vaso de vidrio, en el que se deja decantar la suspensión, después se filtra y afora. Sobre este líquido se hacen las correspondientes determinaciones, cuyos resultados se expresan a continuación.

CUADRO RESUMEN DE LOS RESULTADOS ANALITICOS OBTENIDOS
PARA LOS COMPONENTES SOLUBLES EN AGUA, REFERIDOS A
100 g DE MINERAL DESECADO

	Resultados g/100 g miner.	Ref.
pH del agua destilada empleada para la molienda	7,7	
pH de la pulpa después de 20 minutos de molienda	6,7	
Fe ²⁺ inmediatamente después de la molienda.	—	(30) (31)
Fe ³⁺ total	Trazas	(32)
Ca ²⁺	0,0060	(34)
Mg ²⁺	0,0040	(34)
Na ⁺	0,0175	(34)
K ⁺	—	(34)
Cl ⁻	0,0150	(35)
SO ₄ ²⁻	0,0455	(36)
Zn ²⁺	—	(33)

Los resultados experimentales del análisis se dan en el apéndice analítico.

(14) TAGGART, A. F., «Handbook of Mineral Dressing», págs. 12-124. John Wiley and Sons, Inc. New York, 5.ª edic. 1953.

3.—Condiciones de flotación en planta industrial

Como para el presente estudio se ha elegido un mineral, que ya se trata desde hace varios años en planta industrial, parece oportuno señalar el proceso, condiciones y resultados referidos a dicha planta.

Triturado y molido hasta tamaño 48 mesh y puesto en suspensión con agua del mar, en forma de pulpa, con un 40 % de sólidos, se pasa a celdas de flotación, tipo Minemet, donde, tras la adición de los siguientes reactivos y los correspondientes tiempos de acondicionamiento y flotación:

Cianuro sódico	64 gr /Tm.
Oxido de calcio	3000 »
Etil-xantato potásico	55 »
Sulfato de cobre	400 »

se obtienen los siguientes resultados:

	Plomo %	Cinc %
Concentrado de plomo	73	2,15
Esteril después de flotado Pb	0,49	0,50
Concentrado de blenda	3,07	45,75
Esteril después de flotado Zn	0,41	0,20

V

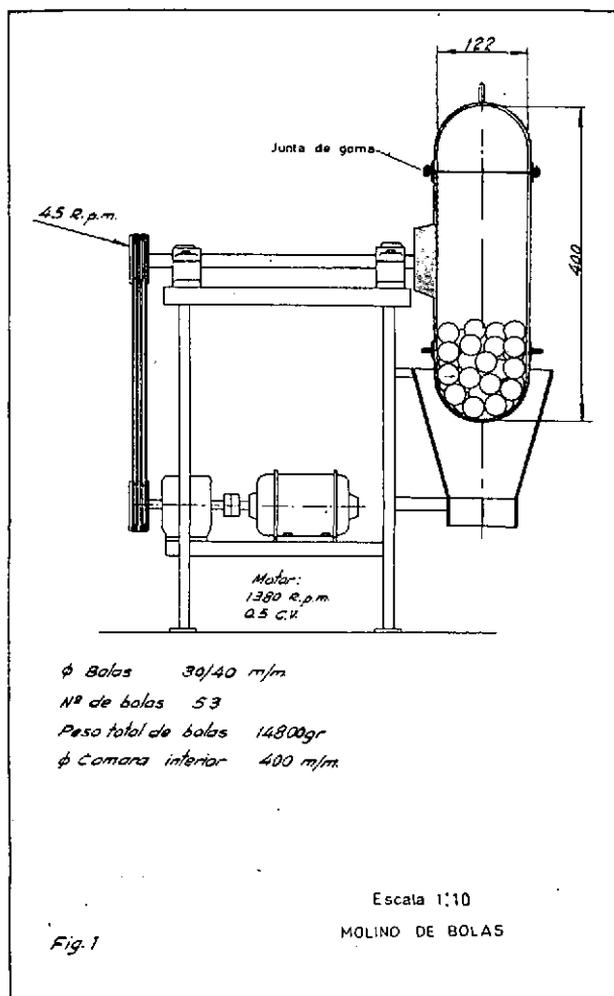
DISPOSITIVOS Y TECNICAS EMPLEADAS

1.—Molino de bolas

Para seguir un paralelismo entre las condiciones de trabajo de la planta industrial, y los ensayos de laboratorio, hemos contado con un molino de bolas, cuyas características se dan en la fig. 1.

Con el mineral objeto de nuestro estudio las condiciones de molienda más adecuadas para obtener el 95 % del producto a menor tamaño de 48 mesh, según las experiencias que más adelante se detallan, son las siguientes:

Tiempo de molienda	20 minutos
Agua	1 litro
Peso de mineral	1,5 kg.



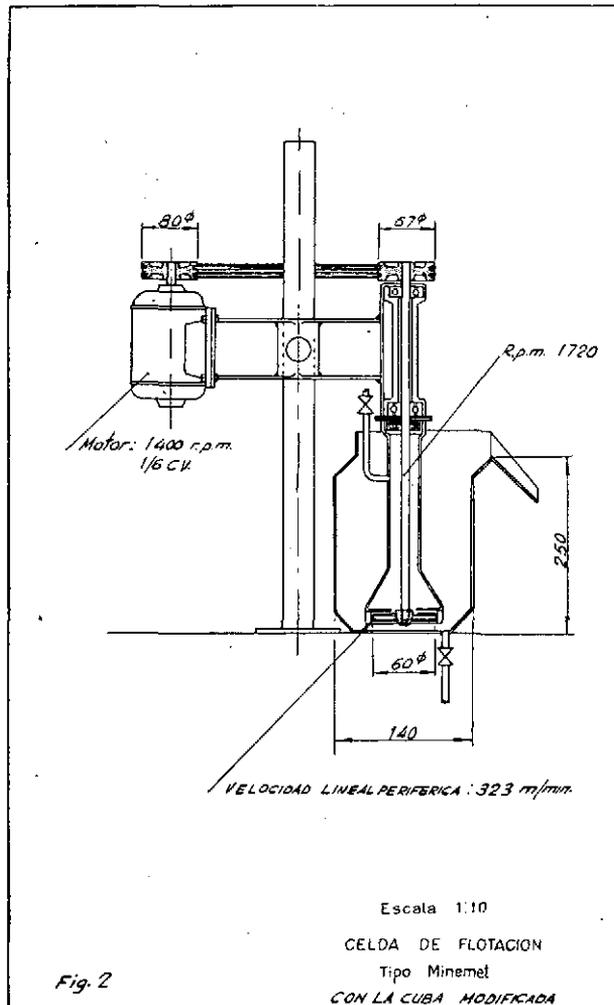
2.—Celdas de flotación

Se han realizado todas las experiencias en celdas de tipo Minemet, representadas en la fig. 2.

La modificación de la cuba Minemet, L-13 normal, ha consistido en aumentar 1 cm cada lado de su base y prolongar su altura hasta 25 cm,

para obtener una capacidad de 3.750 ml con el fin de emplear 1.500 g de mineral en cada experiencia y operar con una pulpa de 30-35 % de sólidos, que son las pulpas normales de flotación.

El empleo de 1.500 g de mineral, en lugar de los 1.000 g que pueden manipularse en la celda Minemet, L-13 normal, tiene como único objeto lograr mayores pesos en cada concentrado obtenido, con lo que aumenta la precisión y la facilidad de manipulación de cada experiencia.



3.—Medida del pH

La mayor parte de los métodos para determinación del pH, se han ensayado en pulpas minerales (15) (16), pero pocos han tenido realmente éxito, debido a las exigencias y dificultades que esta determinación presenta en flotación.

A continuación se describen, en resumen, los métodos más usuales, y sus mayores inconvenientes:

a) Potenciométricos, que se emplean poco por frecuente envenenamiento de los electrodos.

b) El uso de los indicadores coloreados, está todavía muy extendido en el caso de flotación. Tiene el inconveniente de que hay que sacar una muestra de pulpa, y una vez filtrada, hacerla reaccionar con el indicador. Otra desventaja, debida a su lentitud, es la posible evolución del pH desde el momento de la toma de muestra a! de medida, sobre todo en medios básicos.

c) También es de uso frecuente en flotación la determinación del pH, por la coloración que adquieren unas hojitas de papeles, especialmente impregnadas, después de 1 minuto de ser tocadas con el líquido problema. Cuando el líquido es coloreado, como en este caso, impide la buena observación del color obtenido.

Una descripción del fundamento y teoría de cada método puede encontrarse en la obra de Havre (16).

Nosotros hemos hecho todas nuestras mediciones de pH con un medidor de pH, marca Beckman, modelo N, con electrodos de vidrio y calomelanos.

La operación de medida de pH se ha realizado, en todos los casos, introduciendo directamente los electrodos en la pulpa, con la turbina de la celda de flotación parada, pues su movimiento produce oscilaciones de la aguja del galvanómetro debido a las distintas concentraciones, que en cada momento haya entre los electrodos.

Este método, de medida «in situ», presenta varias ventajas: elevada precisión del método potenciométrico; gran rapidez de cada medida (30 segundos por término medio); posibilidad de un control inmediato y sucesivo del pH; nulo consumo de la pulpa a medir.

(15) PETERSEN, W., *Ob. cit.*, pág. 140.

(16) HAVRE, H., «Concentration des Minerais par Flotation», pág. 32. Librairie Polytechnique Ch. Béranger, París, 1938.

4.—Operaciones auxiliares entre el proceso de flotación y la determinación analítica de plomo y cinc en cada muestra

A.—Rotulación de muestras

De cada experiencia de flotación se obtienen dos concentrados, uno que tiene como denominador común la letra B, que corresponderá siempre a la fracción más rica en plomo, y se denomina *concentrado de galeña*; otro cuyo denominador común es la letra C que corresponderá a la fracción más rica en cinc y se denominará *concentrado de blenda*. Finalmente, al resto de pulpa que queda sin flotar, se le asigna la letra R, y se la denomina *estéril*.

Aunque no corresponde a una fracción obtenida en el proceso de flotación, queremos indicar aquí, que el empleo de la letra A, es muy frecuente, y que con él se designa el mineral que vamos a tratar, que se denomina *alimentación*.

B.—Filtración

Es necesario conocer el peso de cada una de las fracciones señaladas en el párrafo anterior. Para ello, procedemos, en primer lugar, a separar por filtración, el agua que tiene la muestra.

Después de realizar unas pruebas orientadoras, con las mismas muestras que después hemos de filtrar, para elegir el sistema más rápido de filtración, encontramos que el método más adecuado consiste en el empleo de aire a presión ($4\text{-}5 \text{ Kg/cm}^2$) sobre toda la mezcla pulpa-agua.

Como existe una gran diferencia en el volumen de cada muestra a filtrar, hemos construido dos filtros, uno como el representado en la fig. 3, para estériles, y otro más pequeño, donde se han filtrado los concentrados de plomo y blenda.

C.—Secado

Las muestras, después de filtradas, pero todavía húmedas, se pasan a la sección de secado, hasta que se obtiene un peso constante.

La sección de secado consiste en una serie de lámparas de rayos infrarrojos, regulables en altura, con lo que se puede aumentar o disminuir el calor comunicado a la muestra.

D.—Pesos de muestras y expresión de resultados.

Se considera que una muestra está seca cuando presenta peso constante, es decir, que tras un prolongado calentamiento a 90-95° C no se produce disminución en su peso.

Los resultados se expresan, en todos los casos, en cuadros como el siguiente:

<i>Muestra</i>	<i>Peso</i>	<i>Peso %</i>
A - 1 - B	24,6	1,73
A - 1 - C	19,4	1,36
A - 1 - R	1382,1	98,89
A - 1 - A	1426,1	100,00

E.—Muestra media

Según veremos más adelante, en la sección dedicada a la determinación analítica del mineral, la cantidad necesaria de muestra para la determinación del plomo y cinc, es 4,5 g, cifra muy inferior a la que obtenemos en cada experiencia, y que siempre es del orden que se indica en el cuadro del epígrafe anterior.

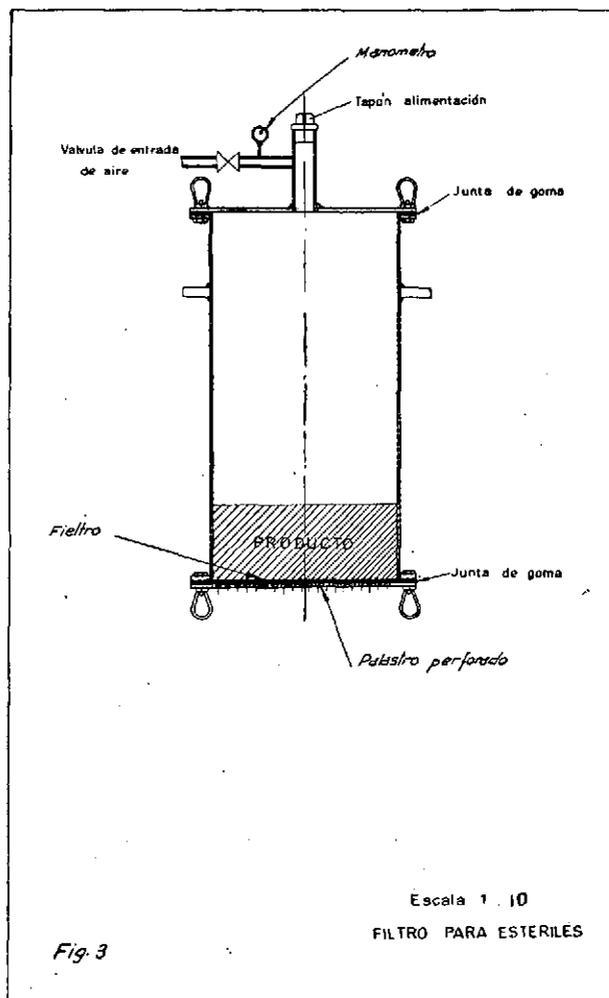
Por esta razón, es necesario reducir la muestra total, una vez debidamente homogeneizada, para obtener la muestra media (8-10 g) por el conocido sistema de «cuarteo».

F.—Trituración

Finalmente, toda la muestra media, se tritura hasta polvo impalpable en mortero de ágata. De aquí se pasa a su correspondiente bolsa rotulada donde espera el momento de iniciar su proceso de análisis.

5.—Control analítico

El control analítico de plomo y cinc en las distintas fracciones recogidas en las experiencias realizadas, se llevó a cabo por medio de métodos polarográficos, cuyo estudio y descripción se detallan en el apéndice analítico.



VI

EXPERIENCIAS REALIZADAS

1.—Elección de la experiencia tipo

Tal como hemos planteado el trabajo, necesitamos obtener una «experiencia tipo» que sirva de punto de partida para realizar las restantes experiencias, en la que sólo se cambiará el «agente regulador», objeto de estudio.

Esta «experiencia tipo» la vamos a deducir de las condiciones de trabajo, en el lavadero, del día de la toma de mineral, y de las experiencias que, para determinar la proporción adecuada de algunos reactivos, en planta piloto, se indican a continuación.

Queremos aclarar que no hemos pretendido que esta «experiencia tipo» reúna las condiciones óptimas y que con ellas se logren por tanto las mejores recuperaciones sino obtener unos valores de rendimiento medio capaces de ser ampliamente mejorados o empeorados según los distintos efectos de los nuevos reactivos reguladores objeto de estudio. Por esta razón, hay condiciones de trabajo, tales como tiempos de acondicionamiento, proporción de sólidos en la pulpa, que se han mantenido constantes e igual, proporcionalmente, a las condiciones de tratamiento del mineral en la marcha industrial.

Los trabajos realizados para fijar la «experiencia tipo» se detallan a continuación:

A.—Estudio del grado de molienda

Uno de los puntos más importantes en los procesos de flotación es el

grado de molienda, ya que está íntimamente ligado con dos propiedades fundamentales:

a) Grado de liberación de las menas, o sea el punto ideal en el que se pueden considerar totalmente separadas las distintas especies minerales.

b) Superficie libre por peso del mineral, que crece con el grado de molienda, con el que aumenta paralelamente, a la que impropriadamente llamamos reactividad del mineral, y que se conoce como superficie específica.

Cuando se pretende estudiar, con fines industriales, las características de un determinado mineral, es imprescindible realizar un examen detenido de los puntos antes señalados; pero no así en nuestro caso, donde, por una parte, el mineral es diariamente flotado en proceso industrial y conocemos con toda precisión el grado óptimo de molienda, y por otra, el grado de molienda no afecta al estudio que vamos a realizar. Por estas razones, tomamos los valores de molienda del lavadero, y efectuamos tres experiencias con distintos tiempos, para elegir el que vaya mejor con nuestras condiciones de planta piloto y agua potable, en lugar de agua del mar.

EXPERIENCIA N.º A-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 15 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		7					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				15	1 gota		
Flotación Pb	3						45	A-1-B
Acondicionamiento	2							
Flotación Zn	2							A-1-C
Estériles								A-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
A-1-B	24,6	1,73	35,60	1,56	0,615	0,027	46,6	3,6
A-1-C	19,4	1,36	1,76	16,90	0,024	0,230	1,8	31,1
A-1-R	1382,1	98,89	0,70	0,69	0,681	0,483	51,6	65,3
A-1-A	1426,1	100,00			1,32	0,74	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º A-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		7					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				15	1 gota		
Flotación Pb	3							A-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							A-2-C
Estériles								A-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
A-2-B	26,7	1,88	34,30	1,65	0,654	0,031	53,2	5,1
A-2-C	21,7	1,53	2,60	18,60	0,040	0,285	3,3	46,8
A-2-R	1372,2	96,59	0,55	0,30	0,535	0,293	43,5	48,1
A-2-A	1420,6	100,00			1,23	0,61	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º A-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 25 minutos

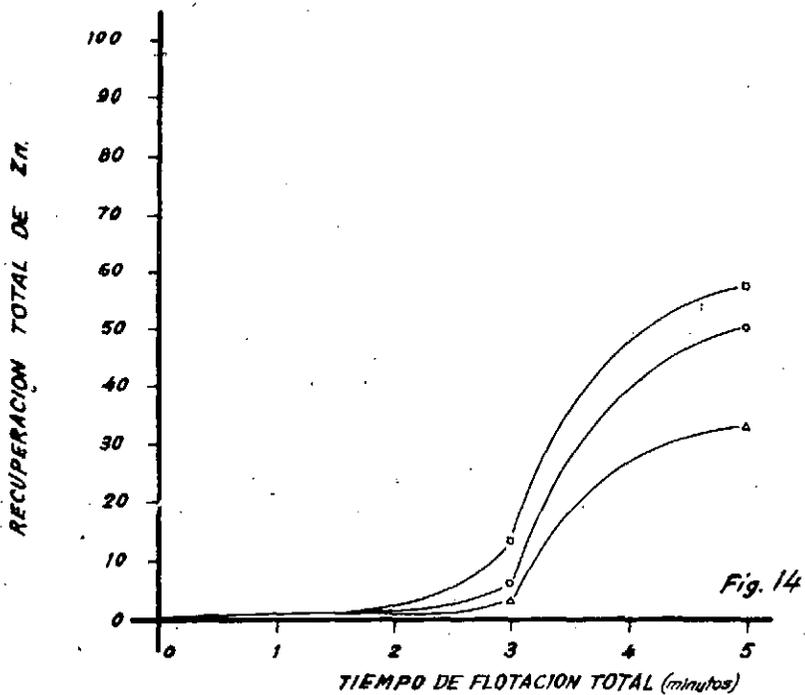
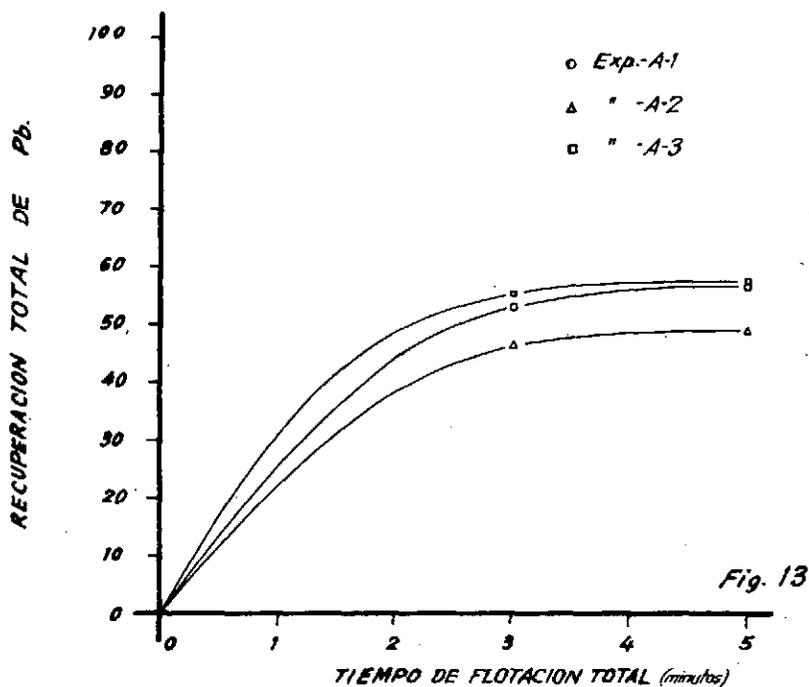
FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		7					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				15	1 gota		
Flotación Pb	3							A-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							A-3-B
Estériles								A-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
A-3-R	29,4	2,20	29,90	3,86	0,658	0,085	55,3	13,6
A-3-C	21,6	1,62	1,91	17,60	0,031	0,285	2,6	45,3
A-3-R	1284,0	96,18	0,52	0,27	0,501	0,259	42,1	41,1
A-3-A	1335,0	100,00			1,19	0,63	100,0	100,0





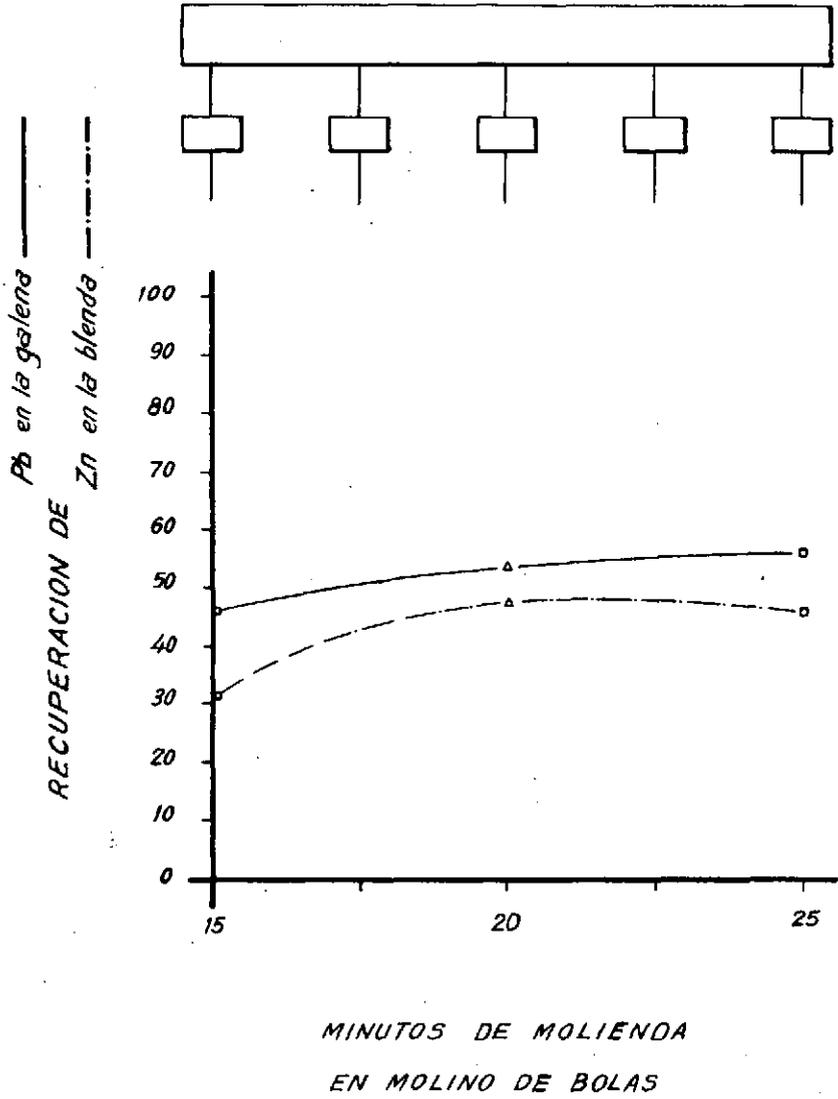


Fig. 15



CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS A-1, A-2 Y A-3

1.—Se encuentran las mejores recuperaciones para un tiempo de 20 minutos de molienda.

2.—Los valores bajos de la experiencia A-1, en la que el tiempo de molienda ha sido de 15 minutos, se justifican por no haber alcanzado el mineral el suficiente grado de liberación.

3.—Los valores de recuperación, normales para plomo y altos para cinc, en el concentrado de galena de la experiencia A-3, se interpretan como que el dilatado tiempo de molienda de esta experiencia (25 minutos) origina partículas de mineral excesivamente finas, sobre todo de blenda, que presentan una marcada facilidad de flotación natural, o sea, que aún después de intentar deprimir con cianuro sódico sigue subiendo en las espumas correspondientes al concentrado de galena.

B.—Porcentajes de sólidos

Otro punto de especial importancia, en la marcha industrial de los procesos de flotación, es la densidad de la pulpa que va a ser flotada.

Nosotros no investigamos este punto, pues ya está determinado por la marcha diaria del lavadero, y por otra parte, como vamos a mantener siempre las mismas condiciones, los resultados también serán siempre comparativos.

La proporción de sólidos que emplearemos en la pulpa es del 30-35 %.

C.—Efecto de la concentración de cianuro sódico

El consumo de cianuro sódico en el lavadero, el día de la toma del mineral, fue 64 g/Tm.

En esta serie de ensayos, y todas las restantes del presente trabajo, el cianuro sódico se ha empleado en disoluciones, de preparación reciente, al 1 %.

Con objeto de simplificar, en los cuadros de flotación de esta serie y de todas las demás, en la columna del cianuro sódico, hay un número que expresa los mililitros de disolución de este reactivo, al 1 %, que se emplean.

Las concentraciones de las disoluciones de los restantes reactivos han sido

OCa	10 %
Et-X	1 %
SO ₄ Cu. 5H ₂ O	1 %

A continuación se recogen los resultados obtenidos en diversas experiencias, en las que se han empleado distintas cantidades de cianuro sódico, para estudiar el comportamiento de la pulpa, y elegir posteriormente el valor más conveniente para la «experiencia tipo».

EXPERIENCIA N.º C-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Oca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				15	1 gota		
Flotación Pb	3							C-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							C-1-C
Estériles								C-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
C-1-B	20,5	1,44	48,30	13,10	0,697	0,189	52,4	16,6
C-1-C	25,1	1,76	1,19	7,10	0,028	0,089	2,1	12,5
C-1-R	1382,0	96,80	0,62	0,44	0,605	0,432	45,5	60,9
C-1-A	1427,6	100,00			1,330	0,710	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º C-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Oca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot
Acondicionamiento	5		3					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				15	1 gota		
Flotación Pb	3							C-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							C-2-C
Estériles								C-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
C-2-B	27,5	1,93	36,50	4,65	0,705	0,090	52,3	13,1
C-2-C	20,0	1,40	2,92	16,10	0,041	0,226	3,2	32,7
C-2-R	1377,6	96,67	0,62	0,39	0,604	0,378	44,5	54,2
C-2-A	1425,1	100,00			1,35	0,69	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º C-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Ret.
Acondicionamiento	5		7					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				15	1 gota		
Flotación Pb	3							C-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							C-3-C
Estériles								C-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
C-3-B	27,9	1,95	34,90	1,95	0,68	0,038	54,0	5,3
C-3-C	21,4	1,50	2,20	23,20	0,033	0,348	2,6	47,6
C-3-R	1381,3	96,55	0,56	0,35	0,547	0,344	43,4	47,1
C-3-A	1430,6	100,00			1,26	0,73	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º C-4

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				15	1 gota		
Flotación Pb	3							C-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							C-4-C
Estériles								C-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
C-4-B	28,2	1,97	35,00	0,61	0,69	0,012	53,5	1,7
C-4-C	25,8	1,80	2,20	20,60	0,04	0,388	3,1	52,3
C-4-R	1380,0	96,23	0,58	0,35	0,56	0,34	43,4	46,0
C-4-A	1433,0	100,00			1,29	0,74	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º C-5

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	PH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		15					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				15	1 gota		
Flotación Pb	3							C-5-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							C-5-C
Estériles								C-5-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
C-5-B	28,6	2,00	34,50	0,50	0,69	0,01	53,0	1,5
C-5-C	25,2	1,76	2,80	22,10	0,05	0,39	4,1	52,0
C-5-R	1377,9	96,24	0,58	0,36	0,56	0,35	42,9	46,5
C-5-A	1431,7	100,00			1,30	0,75	100,0	100,0

CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5

1.—Las distintas concentraciones de cianuro sódico ensayadas no afectan a la recuperación de plomo.

2.—Queda perfectamente confirmado el papel del cianuro sódico como depresor para la blenda.

3.—A medida que aumenta la cantidad de cianuro sódico añadida, disminuye, por una parte, el contenido de cinc en el concentrado de galena y aumenta, por otra, el cinc en el concentrado de blenda.

4.—Existe un valor 66,6 g/Tm, por encima del cual, aumentos en la concentración de cianuro sódico, no representan mejoras en ninguno de los concentrados. Por tanto, consideraremos este valor como óptimo, valor que corresponde a la experiencia C-4, en la que se adicionan 10 ml de disolución de cianuro sódico al 1 %.

5.—Se encuentra una marcada coincidencia entre este valor de 66,6 g/Tm y el consumo de cianuro sódico en el lavadero el día de la toma de mineral, que fue 64 g/Tm.

D.—Efecto de la concentración de hidróxido de calcio

Como éste es precisamente el reactivo que será sustituido por otros, objeto de estudio en estos ensayos, que nos conducirán a la elección de la «experiencia tipo», emplearemos siempre la misma cantidad que se empleó en el lavadero el día de la toma de mineral. Este valor fue de 3.000 g/Tm que para 1,5 kg de mineral representan 4,5 g de óxido de calcio. Como siempre, usaremos este reactivo en una concentración de 10 %, por lo que se deduce que tendremos que emplear 45 ml.

E.—Efecto de la concentración de etil-xantato potásico

El etil-xantato potásico se empleó, en el lavadero, el día de la toma del mineral, objeto de nuestro estudio, en la proporción de 55 g/Tm.

En las siguientes experiencias, las distintas cantidades de etil-xantato

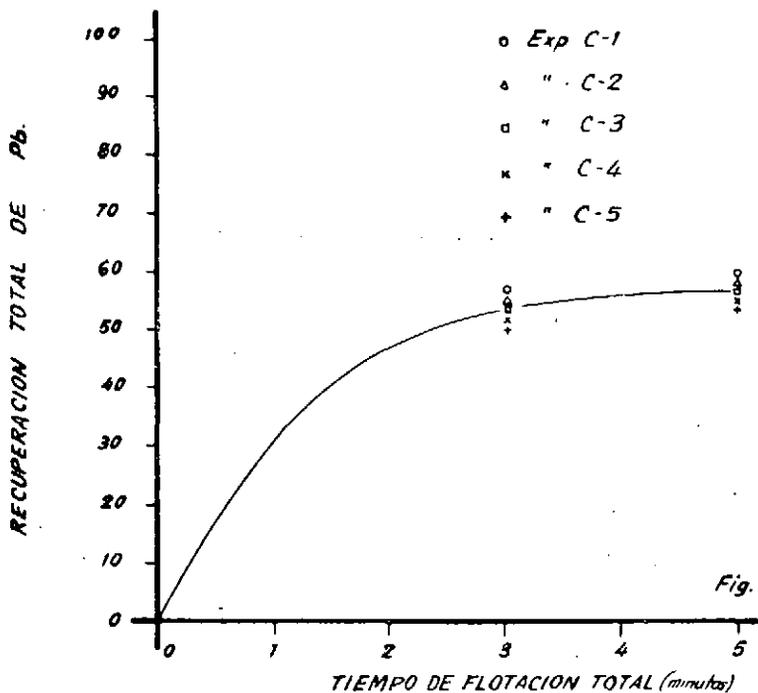


Fig. 16

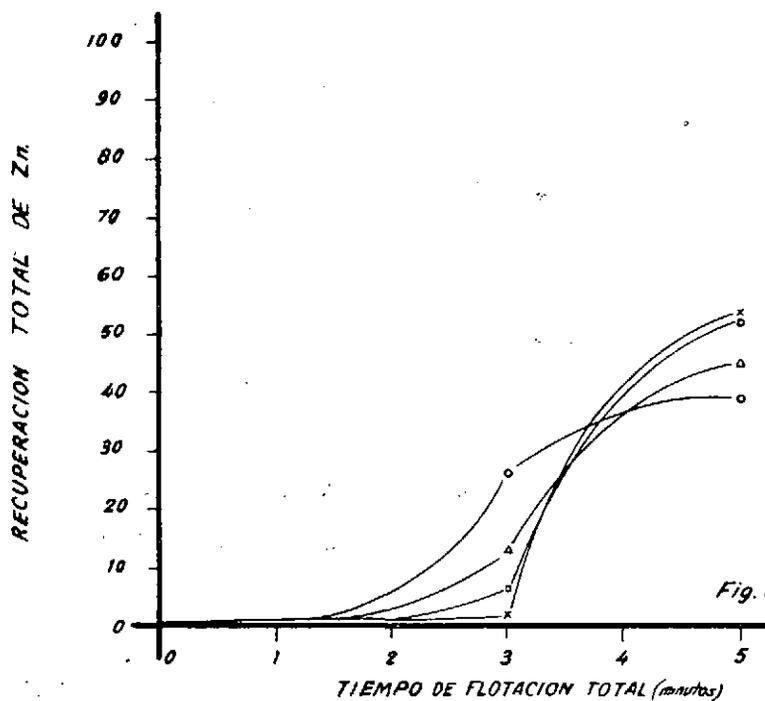


Fig. 17



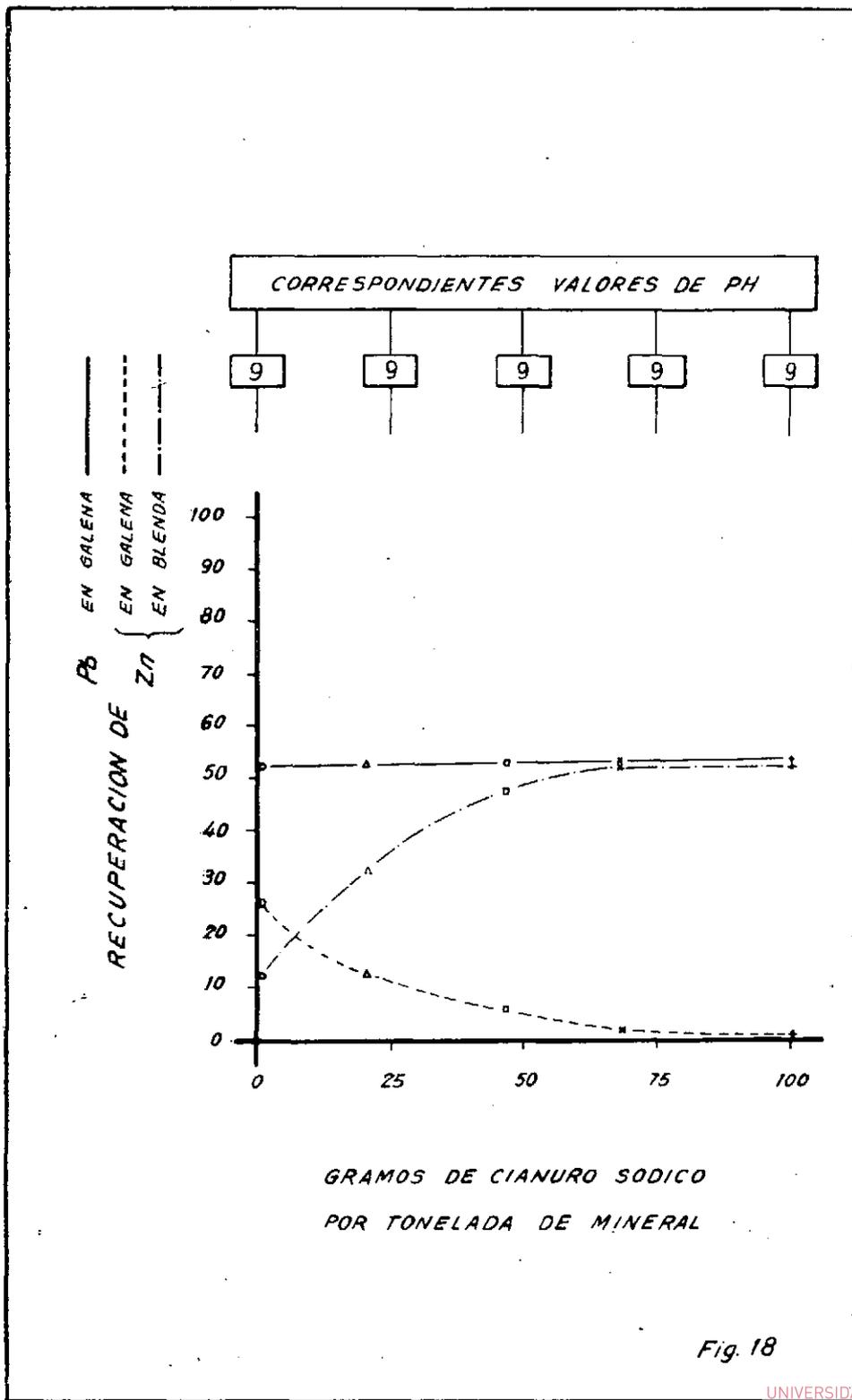


Fig. 18



potásico, se van a añadir en forma de disoluciones, al 1% de preparación reciente.

Aunque la experiencia E-2, será exactamente igual a la C-4, preferimos repetirla, dentro de la serie E, para que los resultados obtenidos en la misma sean totalmente comparativos.

EXPERIENCIA N.º E-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-O	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			45				
Acondicionamiento	1	9			5	1 gota		
Flotación Pb	3							E-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							E-1-C
Estériles								E-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
E-1-B	17,5	1,23	50,00	0,40	0,615	0,005	45,3	0,7
E-1-C	15,0	1,05	2,10	25,50	0,022	0,268	1,6	39,4
E-1-R	1394,3	97,72	0,74	0,42	0,723	0,407	53,1	59,9
E-1-A	1426,8	100,00			1,36	0,68	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º E-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			45				
Acondicionamiento	1	9,1			15	1 gota		
Flotación Pb	3							E-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							E-2-C
Estériles								E-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
E-2-B	26,4	1,85	40,60	0,62	0,75	0,01	54,0	1,2
E-2-C	20,4	1,43	2,34	24,50	0,03	0,35	2,1	53,0
E-2-R	1378,2	96,72	0,63	0,31	0,61	0,30	43,9	45,8
E-2-A	1425 0	100,00			1,39	0,66	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º E-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				25	1 gota		
Flotación Pb	3							F-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							E-3-C
Estériles								E-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
E-3-B	26,8	1,89	41,50	1,16	0,785	0,022	59,5	3,1
E-3-C	22,0	1,55	1,93	25,30	0,030	0,392	2,3	55,3
E-3-R	1374,9	96,56	0,52	0,31	0,505	0,296	38,2	41,6
E-3-A	1423,7	100,00			1,32	0,71	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º E-4

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				35	1 gota		
Flotación Pb	3							E-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							E-4-C
Estériles								E-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	L E Y E S		M E T A L E S		R E C U P E R A C I O N	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
E-4-B	28,2	1,97	30,30	1,7	0,715	0,035	59,1	5,3
E-4-C	24,5	1,71	1,46	21,0	0,025	0,360	2,1	54,6
E-4-R	1383,1	96,32	0,49	0,2	0,470	0,265	38,8	40,1
E-4-A	1435,8	100,00			1,21	0,66	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º E-5

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				50	1 gota		
Flotación Pb	3							E-5-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							E-5-C
Estériles								E-5-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	L E Y E S		M E T A L E S		R E C U P E R A C I O N	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
E-5-B	30,8	2,15	35,40	2,32	0,76	0,05	59,8	7,8
E-5-C	26,2	1,83	2,18	20,20	0,04	0,37	2,6	53,2
E-5-R	1375,7	96,02	0,50	0,29	0,48	0,28	37,6	39,0
E-5-A	1432,7	100,00			1,28	0,70	100,0	100,0

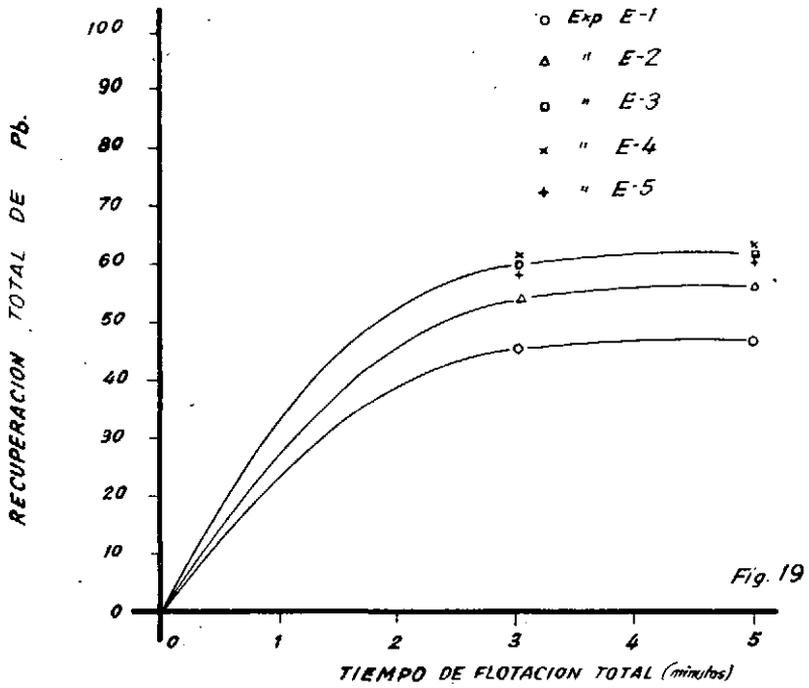


Fig. 19

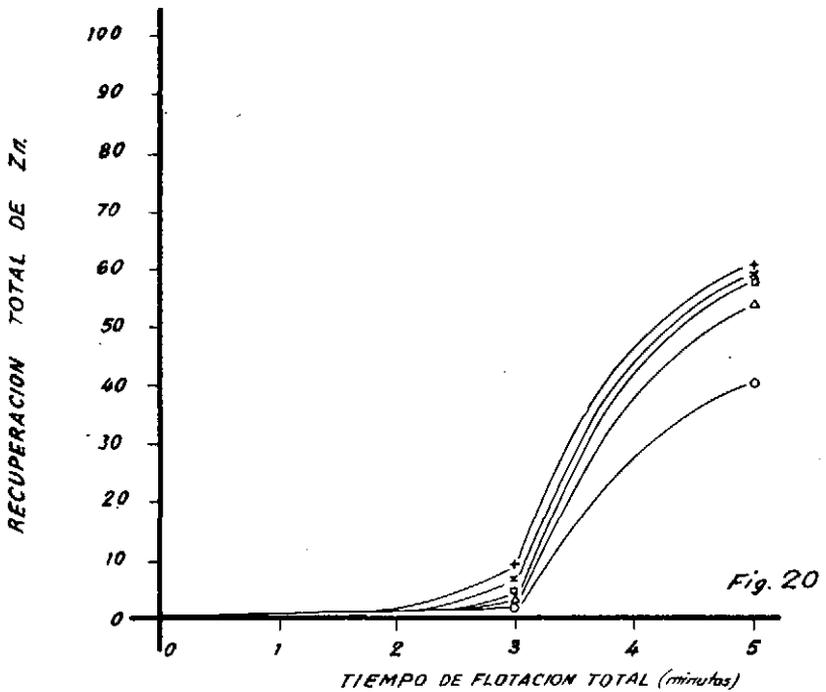
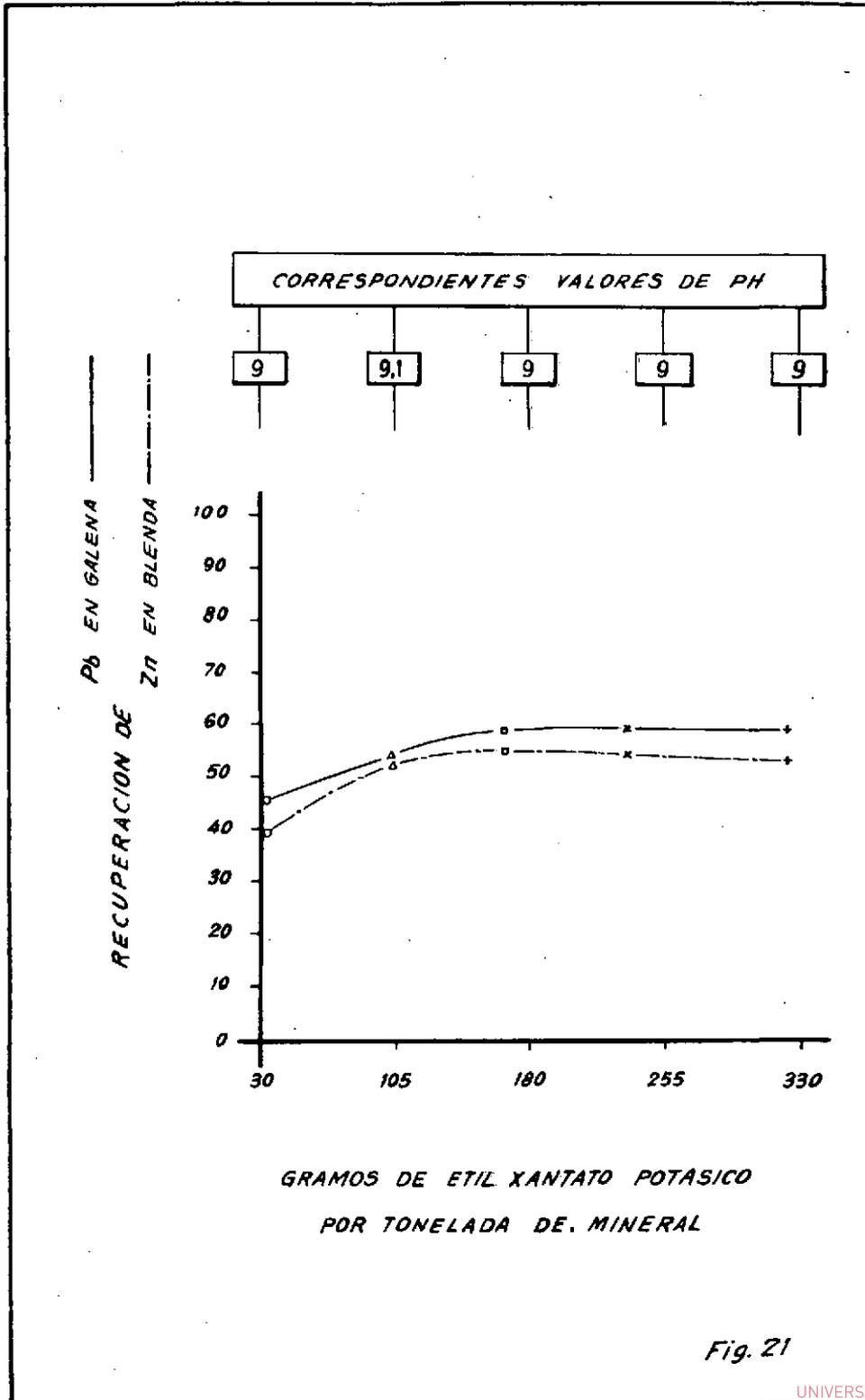


Fig. 20





CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS E-1, E-2, E-3, E-4 y E-5

1. A medida que aumenta la cantidad de etil-xantato añadido, aumenta, paralelamente, hasta un valor estabilizado, la recuperación de plomo en galena.

2.—Por encima de este valor, 20-25 ml de disolución al 1 % de etil-xantato potásico, sólo se logra, por mucho que se eleve esta cantidad, hacer flotar mayor cantidad de bienda junto a la galena.

3.—Conforme aumenta la cantidad adicionada de etil-xantato potásico, se produce una disminución en las leyes de los concentrados, disminución que es más acentuada en el caso de la galena.

4.—Del estudio de las gráficas obtenidas deducimos que el valor óptimo para nuestros futuros ensayos es el de 20 ml de solución de etil-xantato potásico, que representan 133 g/Tm. En este caso se tiene un valor considerablemente más alto que en el lavadero, lo cual es normal en los ensayos de laboratorio.

5.—Se elige la dosis de 25 ml de etil-xantato como la más adecuada para la «experiencia tipo» por ser la que nos da mejores valores para el conjunto de las recuperaciones de plomo y de cinc.

F.—Efecto de la concentración de sulfato de cobre

El sulfato de cobre se empleó, el día de la toma del mineral, en el lavadero, en la proporción de 400 g/Tm.

Unos ensayos orientadores, no reflejados en la presente Memoria, nos mostraron que con agua potable y celdas de flotación pequeñas, era suficiente una menor cantidad de este reactivo. Por esta razón, las siguientes experiencias se van a dedicar, manteniendo constantes las concentraciones de todos los demás reactivos y las condiciones de flotación, a variar la proporción del sulfato de cobre en los valores 200, 300 y 400 g/Tm.

Las proporciones de cianuro sódico, de óxido de calcio y de etil-xantato de potasio serán las ya preestablecidas.

EXPERIENCIA N.º F-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 10 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Oca	Et-X	A.P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	2				20	1 gota		
Flotación Pb	3							F-1-B
Acondicionamiento	2						30	
Flotación Zn	2							F-1-C
Estériles								F-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
F-1-B	27,8	1,95	38,90	0,47	0,76	0,009	57,9	1,4
F-1-C	21,4	1,50	2,00	22,40	0,03	0,336	2,3	51,7
F-1-R	1377,1	96,55	0,54	0,32	0,52	0,305	39,8	46,9
F-1-A	1426,3	100,00			1,31	0,65	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º F-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	PH	CNNa	Oca	Et-X	A.P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							F-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							F-2-C
Estériles								F-2-R



RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
F-2-B	27,3	1,90	3,00	0,52	0,702	0,01	58,7	1,6
F-2-C	23,3	1,62	2,00	22,20	0,032	0,36	2,6	56,1
F-2-R	1388,9	96,48	0,48	0,28	0,466	0,27	38,7	42,3
F-2-A	1439,5	100,00			1,20	0,64	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º F-3

MOLIENDA

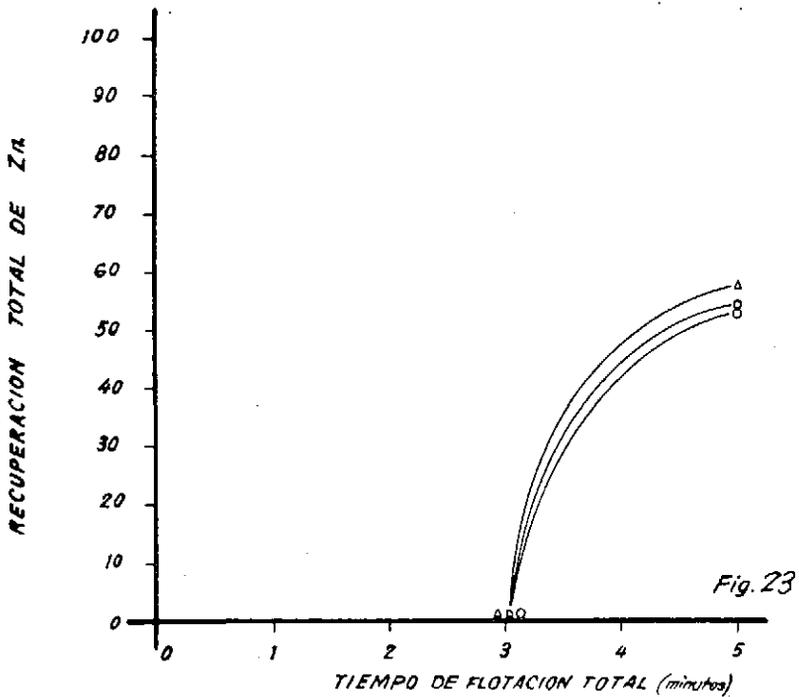
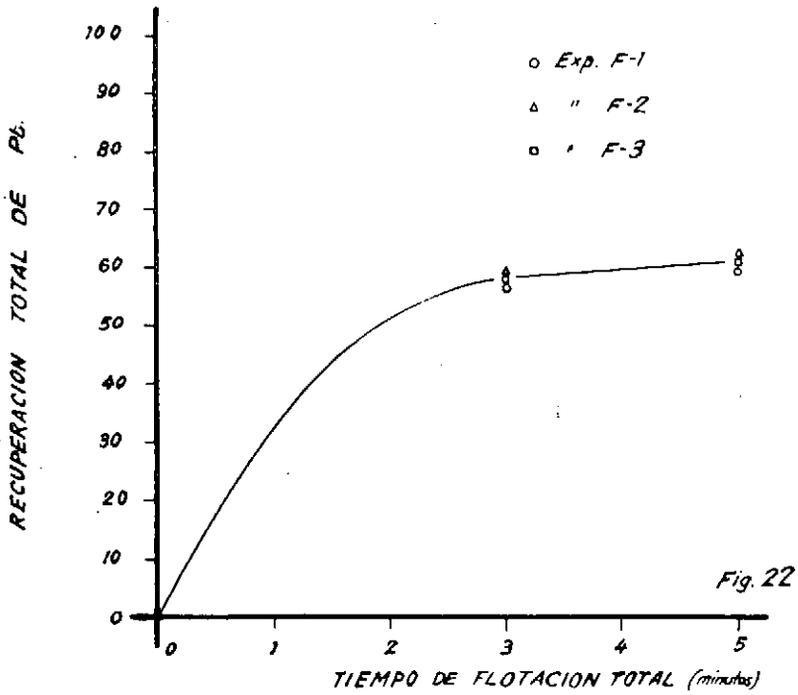
Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

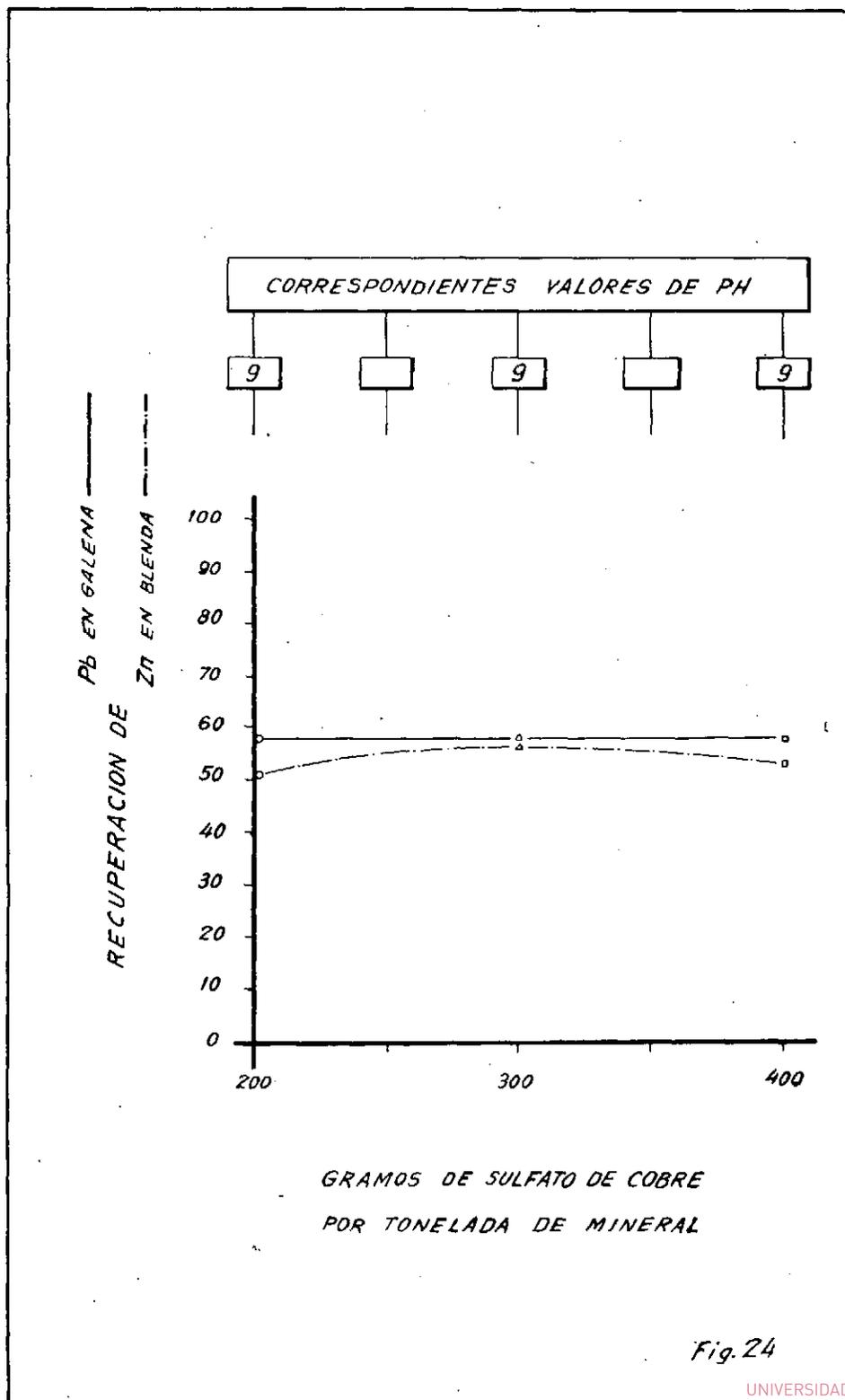
FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			45				
		9						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							F-3-B
Acondicionamiento	2						60	
Flotación Zn	2							F-3-C
Estériles								F-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
F-3-B	27,7	1,93	40,90	0,52	0,790	0,01	58,1	1,5
F-3-C	20,6	1,51	2,40	24,20	0,037	0,366	2,7	53,0
F-3-R	1384,5	96,56	0,55	0,32	0,533	0,314	39,2	45,5
F-3-A	1432,8	100,00			1,32	0,69	100,0	100,0





CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS F-1, F-2 y F-3

1.—Se observa una exacta reproducibilidad en las flotaciones de galeña que, como es natural, no es afectada por el sulfato de cobre.

2.—En la recuperación del cinc, arrancamos de un rendimiento bajo, pasamos por máximo de recuperación, para el valor de 300 g/Tm y vuelve a descender, ligeramente, la recuperación de la blenda.

3.—Así, pues, nos queda determinada la cantidad de sulfato de cobre que emplearemos, 30 g/Tm que equivalen a 45 mls de disolución al 1 % para 1,5 kg de mineral.

4.—La explicación que encontramos para justificar la existencia de un punto máximo es la siguiente: Los puntos situados al lado izquierdo del máximo no tienen suficiente concentración de iones de cobre, por lo que quedarán cristales de blenda en los que no haya absorción de iones cobre y su flotación con etil-xantato potásico es muy difícil. El punto máximo corresponde al valor en el que todos los cristales de blenda recubiertos de sulfuro de cobre presentan su máxima flotabilidad. La parte derecha de este máximo corresponde a la existencia de exceso de iones cobre en la pulpa mineral, que formarán etil-xantato de cobre, con la consiguiente desaparición de iones etil-xantato del medio y, por tanto, la disminución de recuperación de blenda.

G.—Experiencia tipo

Como resumen de las experiencias de las series A, C, E y F, y de los datos del lavadero, podemos plantear la siguiente «experiencia tipo», de la que sólo se cambiará, en las sucesivas series de ensayos, la cantidad del reactivo regulador objeto de estudio.

MOLIENDA :

- 1,5 kg de mineral.
- 1 litro de agua.
- 20 minutos de molienda.

FLOTACIÓN :

- 10 ml de disolución al 1 % de cianuro sódico.
- 5 minutos de acondicionamiento.
- n* ml de reactivo regulador objeto de estudio.
- 2 minutos de acondicionamiento.

Medida de pH

20 ml de disolución al 1 % de etil-xantato potásico (Et-X).

1 minuto de acondicionamiento.

1 gota de aceite de pino (A.P.)

3 minutos de flotación. Concentrado de galena. (Rotulado con letra B).

45 ml de disolución de sulfato de cobre al 1 % ($\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

2 minutos de acondicionamiento.

2 minutos de flotación. Concentrado de blenda. (Rotulado con letra C).

Estériles. Rotulado con letra R.

Como puede observarse, el único valor que queda indeterminado es la cantidad y concentración del reactivo regulador, que se indica en cada experiencia.

2.—Ensayos sistemáticos de variación del agente regulador

H.—Oxido de magnesio como agente regulador en flotación

Se ha empleado un producto, químicamente puro, de peso molecular 40,32.

Los pesos empleados y los volúmenes de la disolución empleada se dan en el cuadro siguiente:

POR TONELADA		POR 1.500 gr		OMg Pm=40,32	
g Mg	At g Mg	g Mg	At gr m 10 ²	B g	n mls
608	25	0,91	3,73	1,5	25
1216	50	1,82	7,46	3,0	50
1824	75	2,73	11,19	4,5	75
2432	100	4,64	14,92	6,0	100

n representa mls de suspensión de óxido de magnesio al 6 % que corresponden a los pesos indicados en el cuadro anterior.

La solubilidad del $\text{Mg}(\text{OH})_2$ formado, es muy pequeña, 0,0009 g/l. a 20° C y 0,004 g/l. a 100° C, por lo que es necesario agitar vigorosamente antes de efectuar las correspondientes dosificaciones.

EXPERIENCIA N.º H-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OMg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			25				
		7,7						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							H-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							H-1-C
Estériles								H-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
H-1-B	39,6	2,76	34,0	3,70	0,91	0,10	66,0	13,0
H-1-C	18,9	1,32	3,10	34,60	0,04	0,46	2,9	59,0
H-1-R	1375,0	95,92	0,45	0,23	0,43	0,22	31,1	28,0
H-1-A	1133,5				1,38	0,78	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º H-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OMg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
		7,7						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							H-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							H-2-C
Estériles								H-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
H-2-B	30,0	2,10	39,40	1,50	0,82	0,03	64,5	3,6
H-2-C	18,0	1,26	4,20	41,50	0,05	0,52	3,9	62,5
H-2-R	1380,0	96,64	0,42	0,29	0,40	0,28	31,6	33,9
H-2-A	1428,0				1,27	0,83	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º H-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OMg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		7.9						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							H-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							H-3-C
Estériles								H-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
H-3-B	29,1	2,04	40,00	1,30	0,98	0,03	65,5	3,5
H-3-C	18,5	1,30	2,80	38,50	0,04	0,50	2,7	58,0
H-3-R	1375,0	96,66	0,49	0,34	0,47	0,33	31,8	38,5
H-3-A	1422,6				1,49	0,86	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º H-4

MOLIENDA

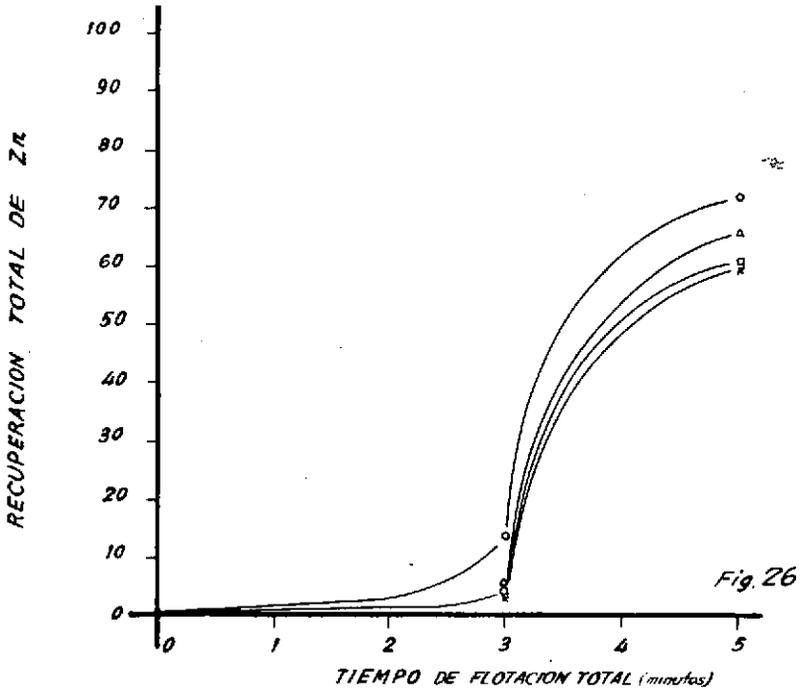
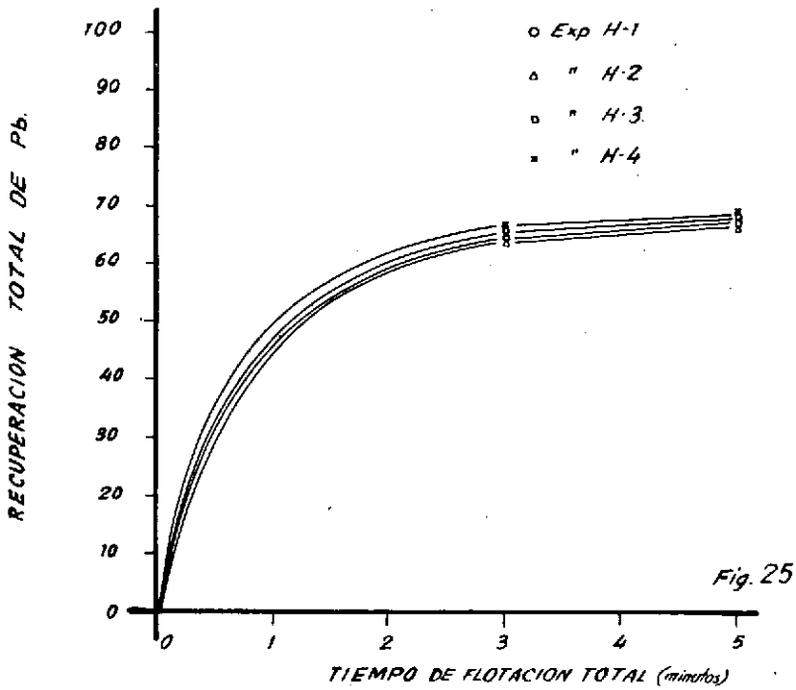
Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OMg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		8'15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							H-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							H-4-C
Estériles								H-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
H-4-B	31,5	2,22	39,20	0,90	0,87	0,02	67,0	2,2
H-4-C	19,2	1,35	1,90	38,80	0,03	0,52	2,3	58,4
H-4-R	1370,0	96,43	0,42	0,36	0,40	0,35	30,7	39,4
H-4-A	1420,7				1,30	0,89	100,01	100,0



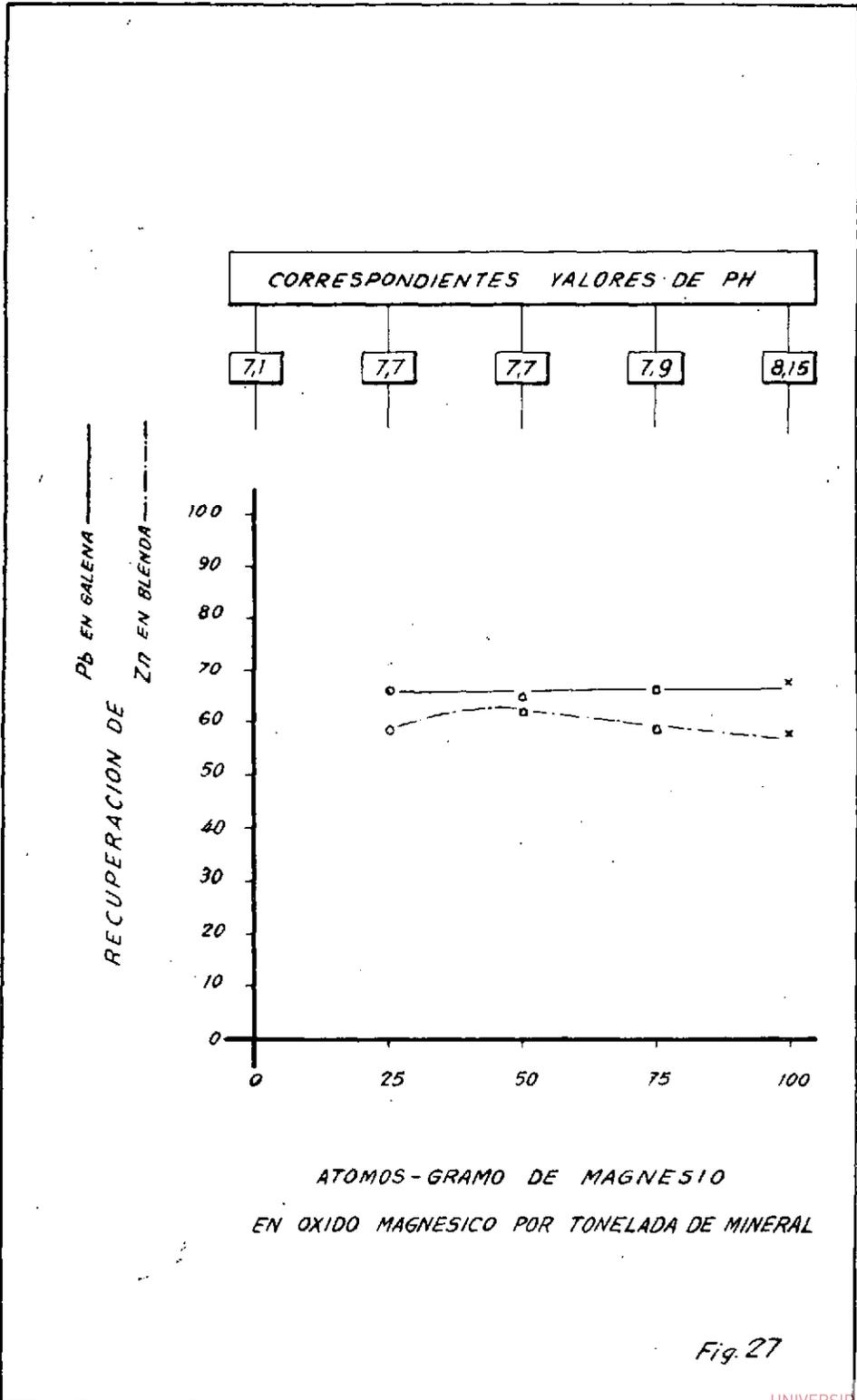


Fig. 27



CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS H-1, H-2, H-3 y H-4

1.—El efecto del óxido de magnesio sobre el valor del pH en la flotación es muy pequeño (por adición de 100 ml de suspensión al 6 % de óxido de magnesio, pasa el pH de 7,7 a 8,15).

2.—La adición de óxido de magnesio no afecta prácticamente las recuperaciones de plomo en galena, que crecen ligeramente con el aumento de basicidad.

3.—El aumento de basicidad favorece también la diferenciación plomo-cinc.

4.—Con la basicidad producida por la dosis de 50 átomos-g de magnesio se consigue la mejor recuperación del cinc en la blenda; pero a dosis mayores, el efecto depresor del óxido de magnesio se sobrepone al de la basicidad y comienza a disminuir la recuperación del cinc.

Nota: Decimos que no hay buena diferenciación plomo-cinc cuando al recuperar el plomo en la galena se recoge conjuntamente una cantidad apreciable de blenda.

J.—Carbonato de magnesio como agente regulador en flotación

Se ha empleado un producto, marca Probus, de composición: $(\text{CO}_3\text{Mg})_4\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, con un peso molecular de 485.

Los pesos empleados y los volúmenes correspondientes se dan en el siguiente cuadro:

POR TONELADA		POR 1 500		$(\text{CO}_3\text{Mg})_4\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	
g Ca	At gr Ca	g Ca	At gr 10 ⁻²	Bgr	n mls
608	25	0,91	3,73	3,6	25
1216	50	1,82	7,46	7,2	50
1824	75	2,73	11,19	10,8	75
2434	100	4,64	14,92	144,0	100

n representa mls de suspensión de $(\text{CO}_3\text{Mg})_4\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ al 14,4 % que corresponden a los pesos indicados en el cuadro anterior.

Dada la pequeña solubilidad de este compuesto en agua (0,129 g/l), es necesario agitar el frasco vigorosamente antes de realizar la correspondiente dosificación.

EXPERIENCIA N.º J-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CN _{Na}	CO ₂ Mg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			25				
		7,7						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							J-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							J-1-C
Estériles								J-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
J-1-B	26,4	1,86	44,80	0,90	0,83	0,02	62,8	2,5
J-1-C	24,6	1,74	4,00	29,00	0,07	0,50	5,3	63,3
J-1-R	1362,0	96,40	0,44	0,28	0,42	0,27	31,9	34,2
J-1-A	1413,0				1,32	0,79	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º J-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CN _{Na}	CO ₂ Mg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
		7,9						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							J-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							J-2-C
Estériles								J-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
J-2-B	26,8	1,87	42,20	0,45	0,79	0,01	62,7	1,4
J-2-C	22,6	1,59	2,70	27,60	0,04	0,44	3,2	60,3
J-2-R	1375,0	96,54	0,45	0,29	0,43	0,28	34,1	38,3
J-2-A	1424,0				1,26	0,73	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º J-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₂ Mg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		8						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							J-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							J-3-C
Estériles								J-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
J-3-B	30,9	2,17	38,80	0,74	0,84	0,02	66,0	2,7
J-3-C	21,0	1,47	0,50	30,00	—	0,44	—	59,5
J-3-R	1375,0	9,36	0,45	0,29	0,43	0,28	34,0	38,8
J-3-A	1426,0				1,27	0,74	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º J-4

MOLIENDA

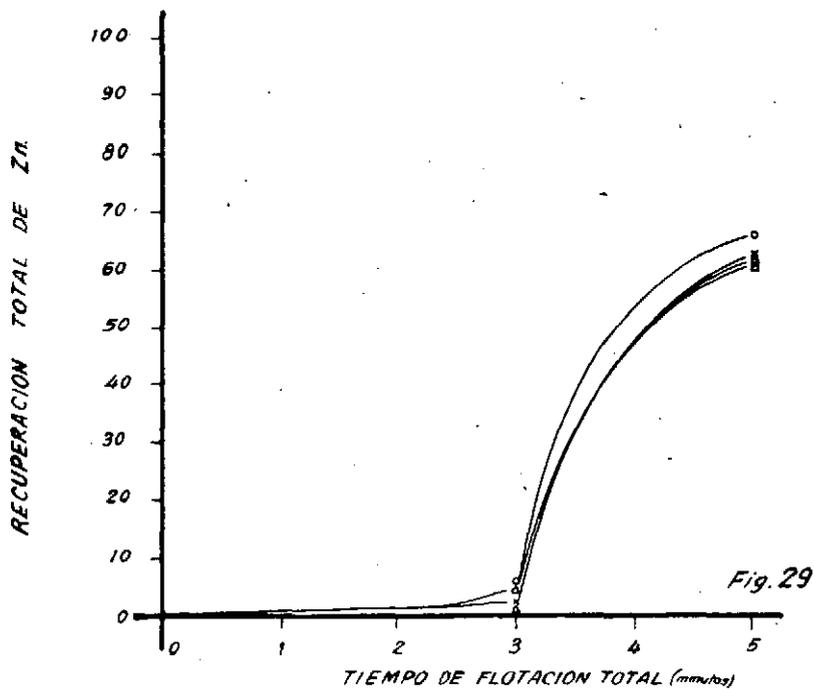
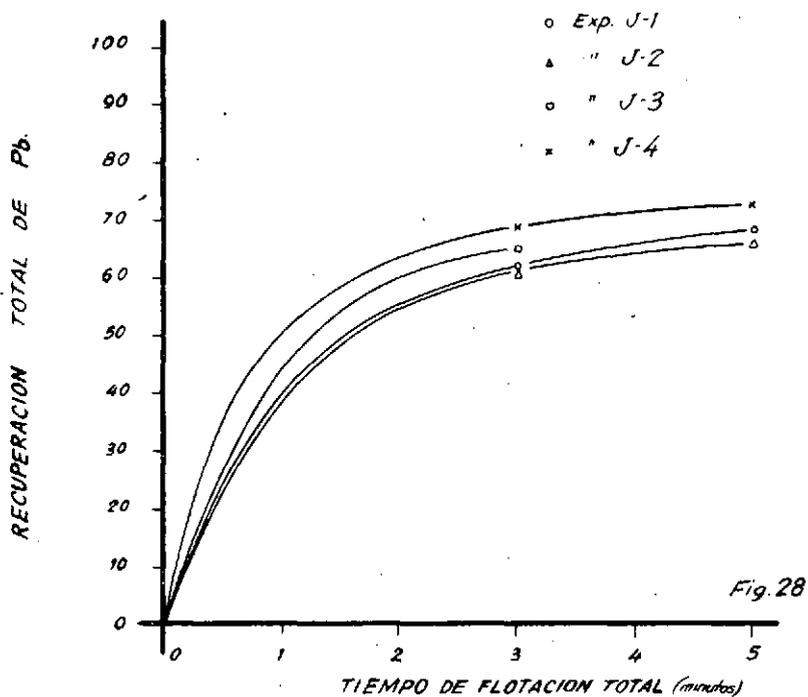
Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₂ Mg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		8,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							J-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							J-4-C
Estériles								J-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
J-4-B	27,2	1,91	50,30	0,52	0,96	0,01	69,5	1,2
J-4-C	18,8	1,32	3,00	37,60	0,04	0,50	2,9	62,5
J-4-R	1380,0	96,77	0,39	0,29	0,38	0,29	27,6	36,3
J-4-A	1426,0				1,38	0,80	100,0	100,0



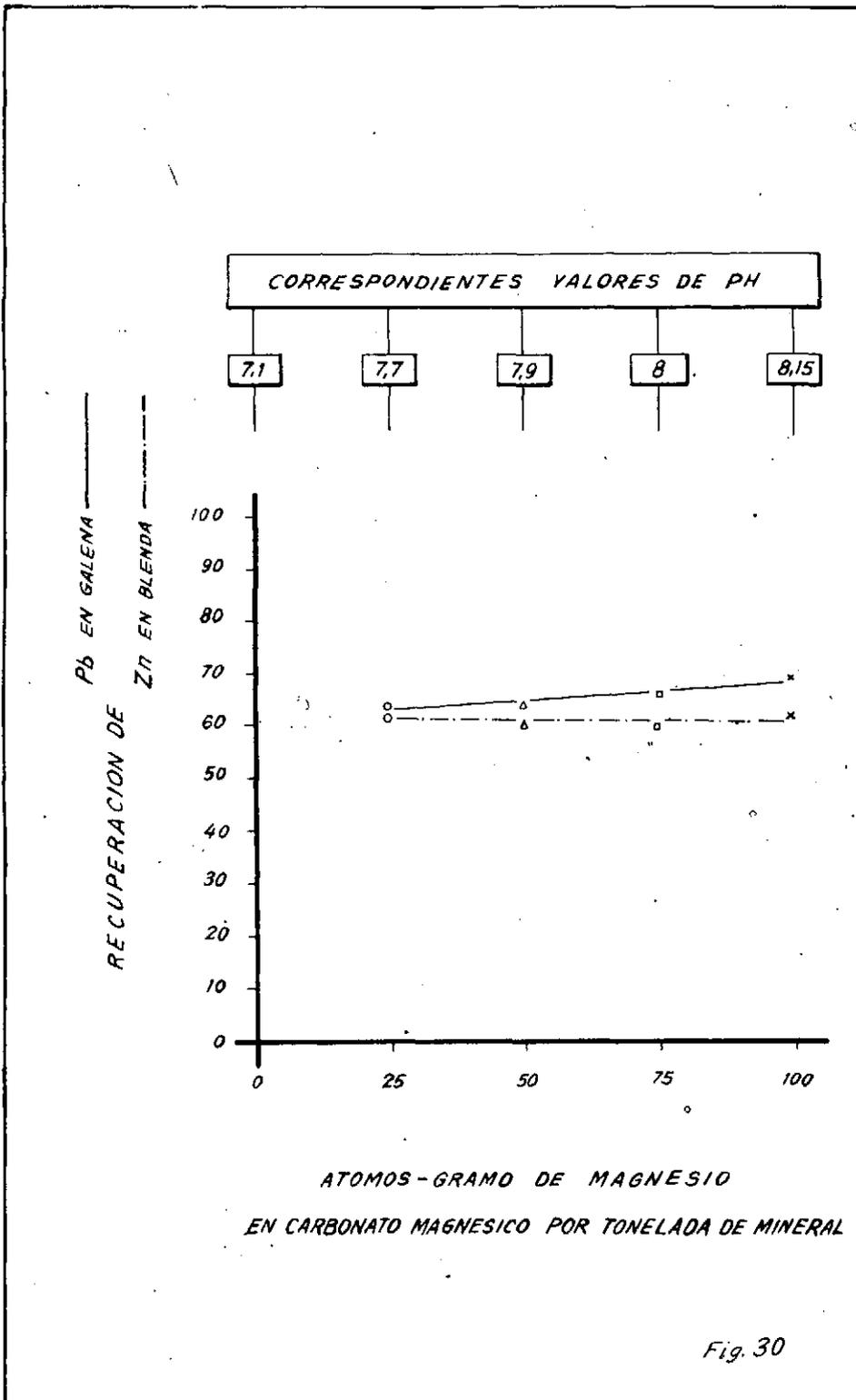


Fig. 30



CONSECUENCIAS DE LAS ESPERIENCIAS J-1, J-2, J-3 y J-4

1.—El efecto del carbonato de magnesio sobre la flotación del mineral es pequeño y semejante al del óxido de magnesio.

2.—Se observa, para blenda y galena, un aumento de recuperación a medida que aumenta la basicidad.

3.—El efecto del carbonato de magnesio empleado, sobre la flotación de la blenda, es semejante al obtenido en la serie H con el óxido de magnesio.

K.—Sulfato de magnesio como agente regulador en flotación

Las cantidades y concentraciones de este reactivo, $\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, se indican a continuación:

POR TONELADA		POR 1.500 gr		$\frac{\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7 \text{H}_2\text{O}}{\text{Pm}=246,49}$	
gr Mg	At gr Mg	gr Mg	At. gr 10^{-2}	Rgr	n mls
608	25	0,91	3,73	9,25	25
1216	50	1,82	7,46	18,50	50
1824	75	2,73	11,19	27,75	75
2432	100	4,64	14,92	37,00	100

n representa ml de suspensión de sulfato de magnesio al 37 % en el cuadro anterior.

La solubilidad de este reactivo, 26 g/l a 0°C y 73,8 a 100°C , obliga a que se agite la suspensión antes de realizar las correspondientes dosificaciones.

EXPERIENCIA N.º K - 1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	SO ₄ Mg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			25				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							K-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							K-1-C
Estériles								K-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
K-1-B	38,2	2,68	32,30	5,20	0,87	0,13	65,5	18,5
K-1-C	23,0	1,62	1,70	17,60	0,02	0,28	1,5	40,0
K-1-R	1361,0	95,80	0,46	0,30	0,44	0,29	33,0	41,5
K-1-A	1422,2				1,33	0,70	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º K - 2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	SO ₄ Mg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							K-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							K-2-C
Estériles								K-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
K-2-B	41,1	2,88	29,10	4,50	0,84	0,13	65,7	18,8
K-2-C	19,2	1,35	1,30	17,00	0,02	0,23	1,5	33,3
K-2-R	1360,0	95,77	0,44	0,35	0,42	0,33	32,8	47,7
K-2-A	1420,3				1,28	0,69	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º K - 3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	SO ₄ Mg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		7,2						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							K-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							K-3-C
Estériles								K-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
K-3-B	41,5	2,92	27,20	5,10	0,80	0,15	66,6	20,8
K-3-C	21,2	1,49	1,30	16,10	0,02	0,24	1,8	33,3
K-3-R	1362,0	95,59	0,40	0,35	0,38	0,33	33,6	45,9
K-3-A	1424,7				1,20	0,72	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º K - 4

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	SO ₄ Mg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		7,3						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							K-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							K-4-C
Estériles								K-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
K-4 B	49,2	3,46	26,5	5,5	0,88	0,19	66,1	27,5
K-4-C	23,2	1,63	1,2	13,1	0,02	0,21	1,5	30,4
K-4-R	1350,0	94,91	0,45	0,30	0,43	0,29	32,4	42,1
K-4-A	1422,4				1,33	0,69	100,0	100,0

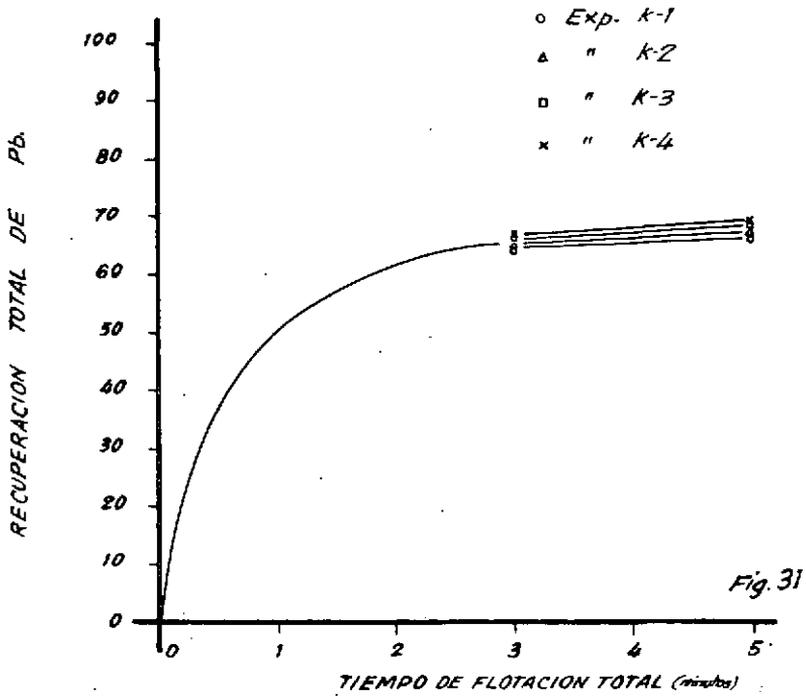


Fig. 31

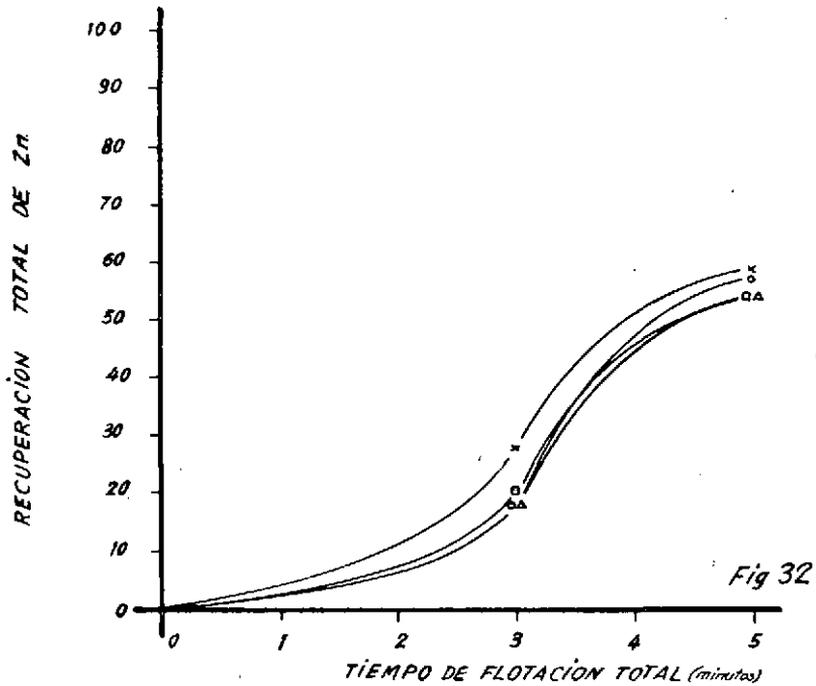


Fig. 32



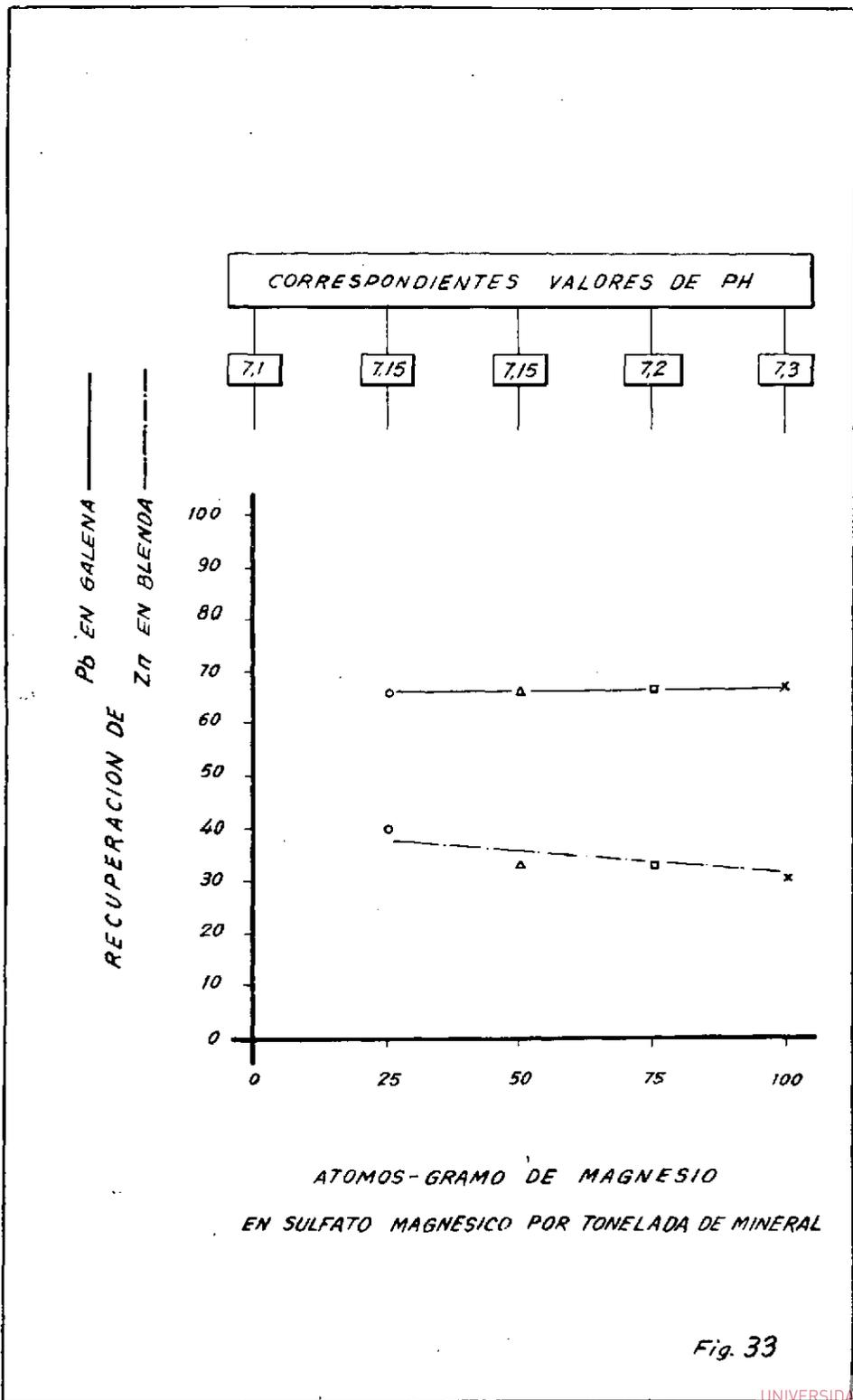


Fig. 33



CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS K-1, K-2, K-3 y K-4

- 1.—No hay variación en los valores de pH.
 - 2.—La influencia de este reactivo en la flotación de la galena puede considerarse nula.
 - 3.—Al no aumentar la basicidad, no se aprecia el efecto de diferenciación plomo-cinc, que hemos observado en las series H y J.
- En cambio, se aprecia claramente un efecto depresor sobre la recuperación del cinc en la blenda.

L.—Oxido de calcio como agente regulador en flotación

Como se ha indicado anteriormente, la proporción de cal empleada en el lavadero fue 3000 g/Tm. A continuación se indica un cuadro representativo de las cantidades de calcio por tonelada, así como de las cantidades y concentraciones de reactivo empleadas:

POR TONELADA		POR 1 500 gr		OCa Pm = 56	
g Ca	At. g	g Ca	At grx10 ⁻²	B g	n
1000	25	1,5	3,75	2,1	20
2000	50	30	7,5	4,2	40
3000	75	45	11,25	6,3	60
4000	100	6,0	15	8,4	80
5000	125	7,5	18,75	10,5	100

n representa mls de suspensión de óxido de calcio al 10,5 % que corresponden a los g indicados en el cuadro anterior.

La solubilidad en agua a 0° C del óxido de calcio es de 0,131 g/l y reacciona con el agua para dar hidróxido de calcio, cuya solubilidad es de 0,185 g/l a 0° C, y de 0,077 g/l a 100° C, por cuya razón la mayor parte del reactivo se deposita en el fondo del frasco recipiente lo que obliga a agitar el frasco antes de efectuar la correspondiente dosificación.

Se ha empleado un óxido de calcio con 90-95 % de OCa.

La suspensión, hecha con el reactivo finamente pulverizado, se empleó tres días después de ser preparada con el fin de dar tiempo a la formación de hidróxido de calcio.

EXPERIENCIA N.º L - 1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
		7,1			20	1 gota		
Acondicionamiento	1							
Flotación	3							L-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							L-1-C
Estériles								L-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
L-1 B	49,8	3,50	22,10	4,10	0,77	0,14	60,6	18,0
L-1-C	19,0	1,33	0,79	23,10	0,01	0,31	0,8	39,8
L-1-R	1355,0	95,17	0,52	0,35	0,49	0,33	38,6	42,2
L-1-A	1423,8	100,00			1,27	0,78	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º L - 2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			20				
		8,25						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							L-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							L-2-C
Estériles								L-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
L-2-B	37,9	2,78	32,60	0,45	0,91	0,01	64,5	1,2
L-2-C	27,4	1,92	3,05	26,90	0,06	0,51	4,3	61,4
L-2-R	1360,0	95,30	0,47	0,33	0,44	0,31	21,2	37,4
L-2-A	1425,3	100,00			1,41	0,83	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º L-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			40				
		8,9						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							L-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							L-3-C
Estériles								L-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
L-3-B	34,1	2,38	35,50	0,48	0,84	0,01	60,0	1,25
L-3-C	23,3	1,62	2,87	28,10	0,04	0,45	2,9	56,25
L-3-R	1377,0	96,00	0,54	0,35	0,52	0,34	37,1	41,5
L-3-A	1434,4	100,00			1,40	0,80	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º L-4

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			60				
		9,4						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							L-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							L-4-C
Estériles								L-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
L-4-B	45,3	3,18	24,40	0,45	0,91	0,01	64,5	1,3
L-4-C	33,2	2,32	0,59	26,90	0,06	0,51	4,3	55,5
L-4-R	1352,0	94,50	0,50	0,33	0,44	0,31	31,2	43,2
L-4-A	1430,0	100,00			1,41	0,83	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º L - 5

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			80				
		9,6						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							L-5-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							L-5-C
Estériles								L-5-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
L-5-B	35,2	2,47	32,00	0,37	0,79	0,01	58,1	1,4
L-5-C	36,1	2,53	3,38	16,50	0,08	0,42	5,9	58,3
L-5-R	1355,0	95,00	0,52	0,31	0,49	0,29	36,0	40,3
L-5-A	1430,5	100,00			1,36	0,72	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º L - 6

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OCa	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		9,8						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							L-6-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							L-6-C
Estériles								L-6-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
L-6-B	74,0	5,15	12,90	0,37	0,67	0,02	55,0	2,7
L-6-C	35,8	2,50	1,43	18,10	0,03	0,45	2,5	61,0
L-6-R	1325,0	92,25	0,56	0,29	0,52	0,27	42,5	36,3
L-6-A	1434,8	100,00			1,22	0,74	100,0	100,0

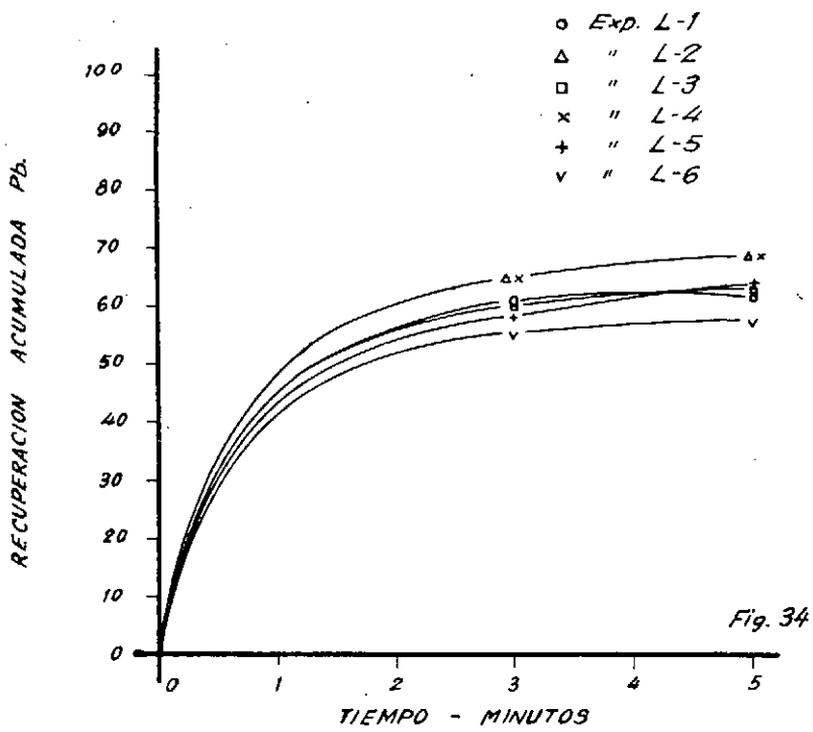


Fig. 34

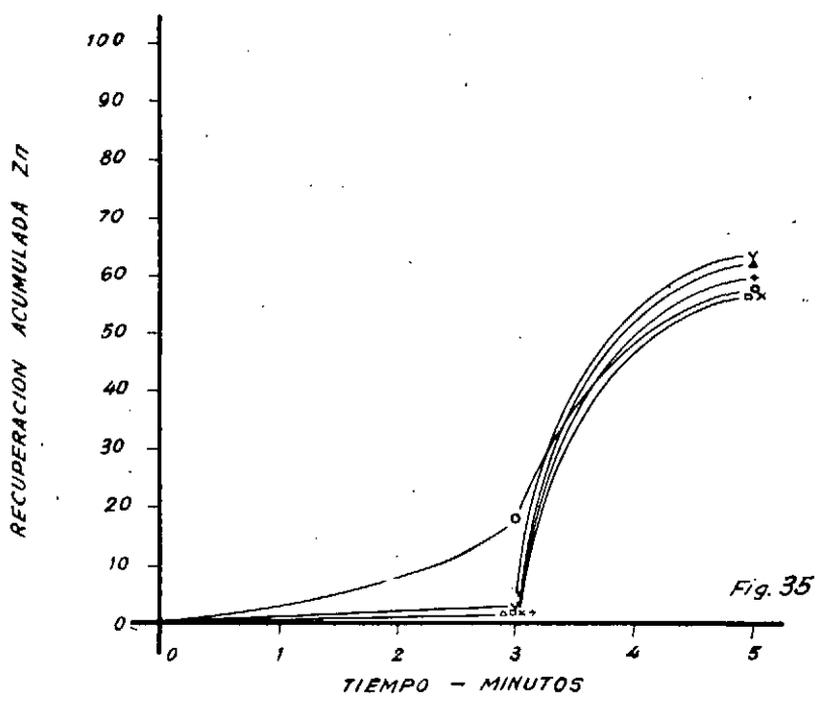


Fig. 35



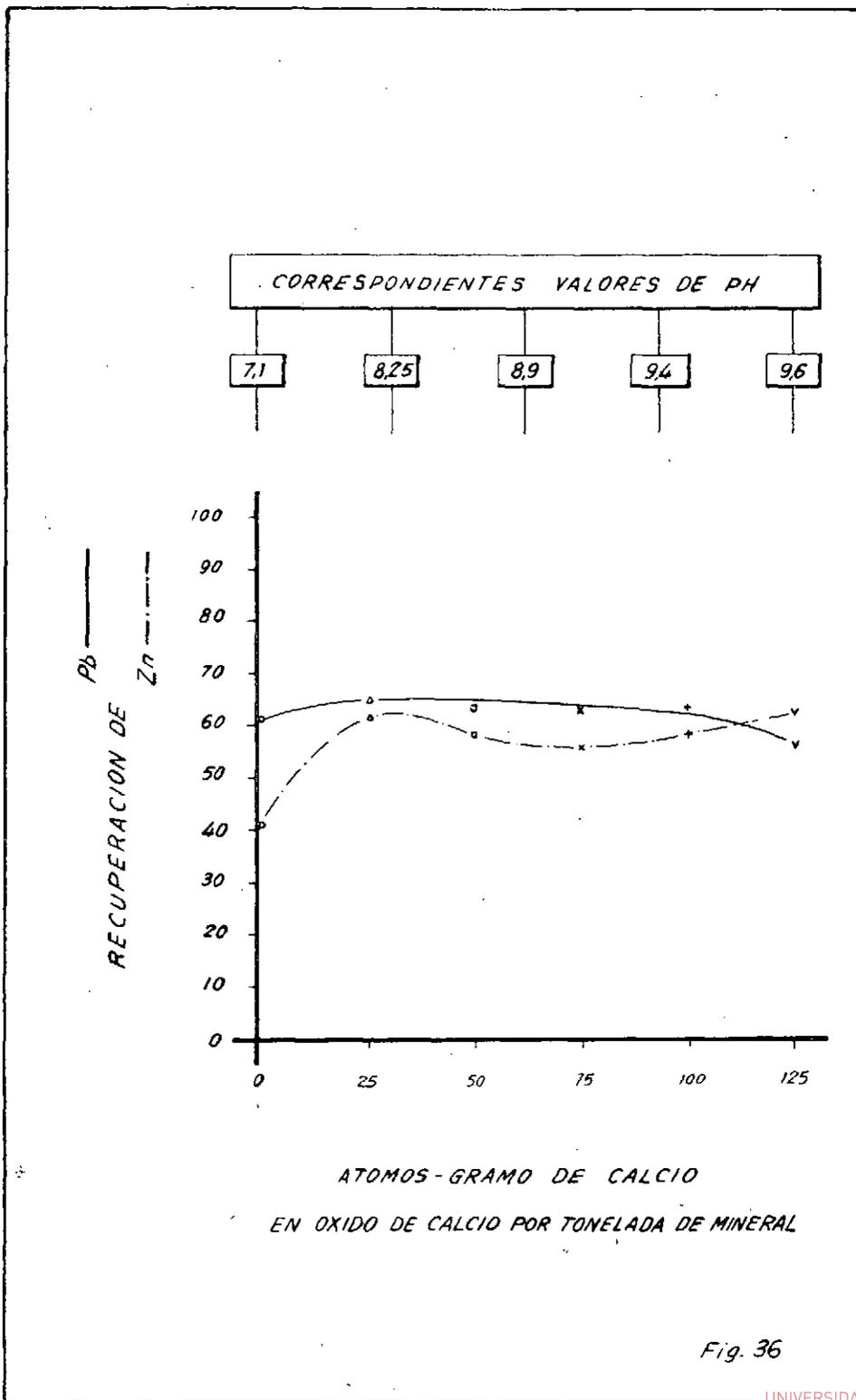


Fig. 36

CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS L-1, L-2, L-3, L-4, L-5 y L-6

1.—Se encuentra la mejor recuperación para la adición de 40 ml de suspensión al 10 % de óxido de calcio, que representan 20.000 g/Tm a un pH de 8,9.

2.—Existe una coincidencia para la mejor recuperación del cinc con el valor indicado en 1.

3.—El valor de recuperación del plomo en cada experiencia es normal. Lo que sí ocurre, en este caso, es que la recuperación de cinc es muy baja. Si comparamos la experiencia L-1 con las restantes, comprobamos un aumento brusco de la recuperación de cinc, que se debe, esencialmente, al hecho de no haber flotado la blenda en el concentrado de galena. De aquí podemos concluir, que el óxido de calcio actúa como reactivo reforzador del cianuro sódico, en su papel depresor de la blenda.

4.—El plomo presenta su máxima recuperación para un valor de 2.000 g/Tm de óxido de calcio, coincidiendo con la misma recuperación de cinc. Las siguientes adiciones de óxido de calcio no afectan, prácticamente, la recuperación, pero, finalmente, ante valores exageradamente altos de óxido del calcio, hay una ligera depresión tanto para el plomo como para el cinc.

M.—Carbonato de calcio como agente regulador en flotación

En el presente cuadro se indican las cantidades y concentraciones de carbonato de calcio.

Por TONELADA		Por 1.500 gr		CO ₃ Ca; Pm = 100	
g Ca	At g Ca	g Ca	At. g 10 ⁻¹	B g	n
1000	25	1,5	3,75	3,75	20
2000	50	3,0	7,5	7,5	40
3000	75	4,5	11,25	11,25	60
4000	100	6,0	15	15	80

n representa ml's de suspensión al 18,75 % de carbonato de calcio, que corresponden a los gramos indicados en el cuadro anterior.

La solubilidad del carbonato cálcico es muy baja (0,0015 g/l en agua a 0° C y 0,0019 g/l, en agua, a 75° C) por lo que la suspensión tiene que ser agitada vigorosamente, para homogenizarla, antes de realizar la correspondiente dosificación.

EXPERIENCIA N.º M-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₂ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			20				
		7,25						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							M-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							M-1-C
Estériles								M-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
M-1-B	33,8	2,38	37,80	5,30	0,90	0,12	63,5	15,0
M-1-C	22,4	1,57	4,40	22,60	0,07	0,35	4,9	43,7
M-1-R	1367,0	96,05	0,47	0,34	0,45	0,33	31,6	41,3
M-1-A	1423,2	100,00			1,42	0,80	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º M-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Co ₂ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			40				
		7,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							M-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							M-2-C
Estériles								M-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
M-2-B	31,2	2,2	35,70	4,00	0,82	0,09	61,3	11,4
M-2-C	21,1	1,5	4,45	26,00	0,07	0,39	5,2	49,5
M-2-R	1375,0	96,3	0,47	0,32	0,45	0,31	33,5	39,3
M-2-A	1427,3	100,0			1,34	0,79	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º M-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₂ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			60				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							M-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							M-3-C
Estériles								M-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
M-3-B	37,0	2,6	30,60	3,50	0,80	0,09	60,6	12,1
M-3-C	21,7	1,5	4,65	24,60	0,07	0,37	5,3	50,0
M-3-R	1374,0	95,9	0,47	0,29	0,45	0,28	34,1	37,9
M-3-A	1432,7	100,0			1,32	0,74	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º M-4

MOLIENDA

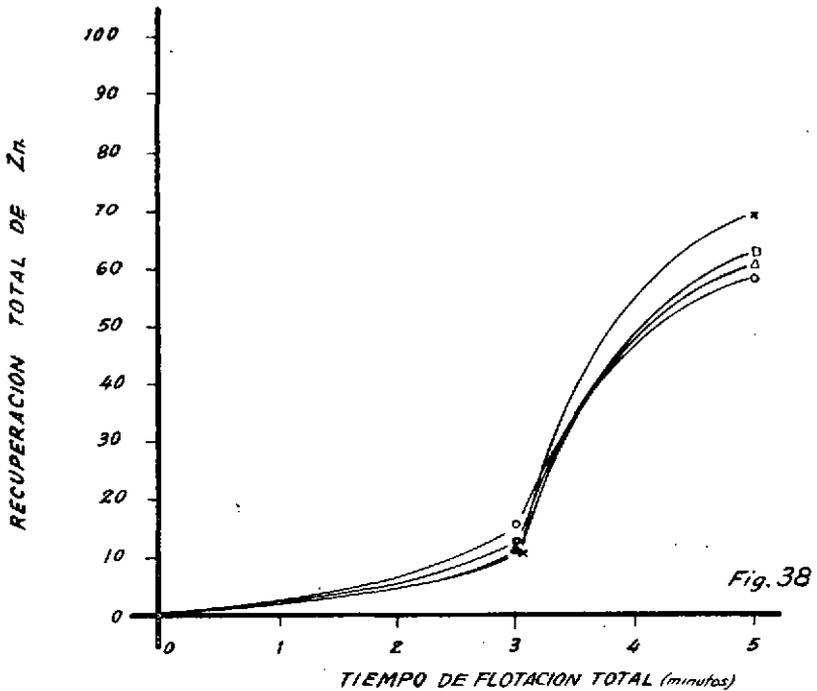
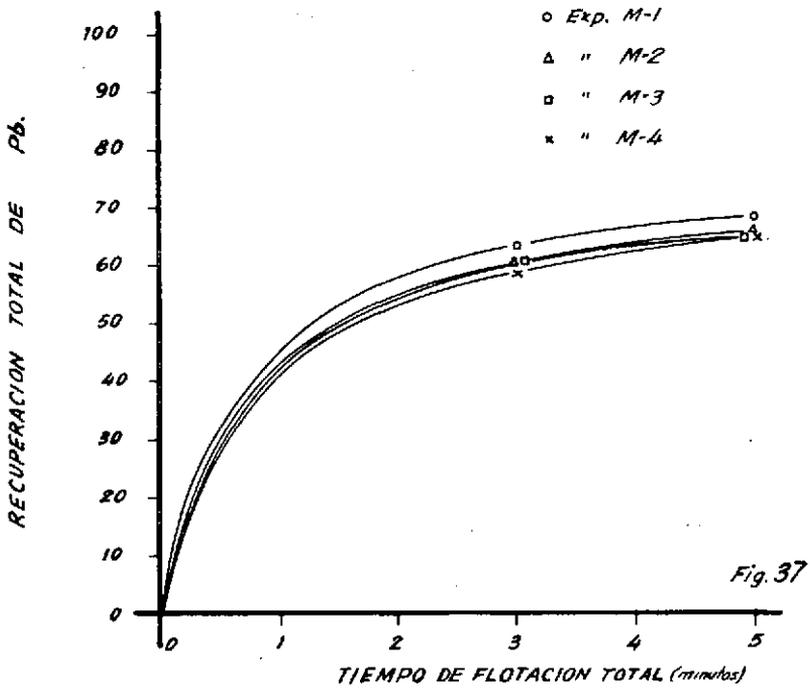
Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₂ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			80				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							M-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							M-4-C
Estériles								M-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
M-4-B	39,0	2,7	28,60	3,20	0,78	0,09	58,5	11,0
M-4-C	23,0	1,6	5,25	28,80	0,08	0,48	6,0	58,5
M-4-R	1370,0	95,7	0,49	0,26	0,47	0,25	35,5	30,5
M-4-A	1432,0	100,0			1,33	0,82	100,0	100,0



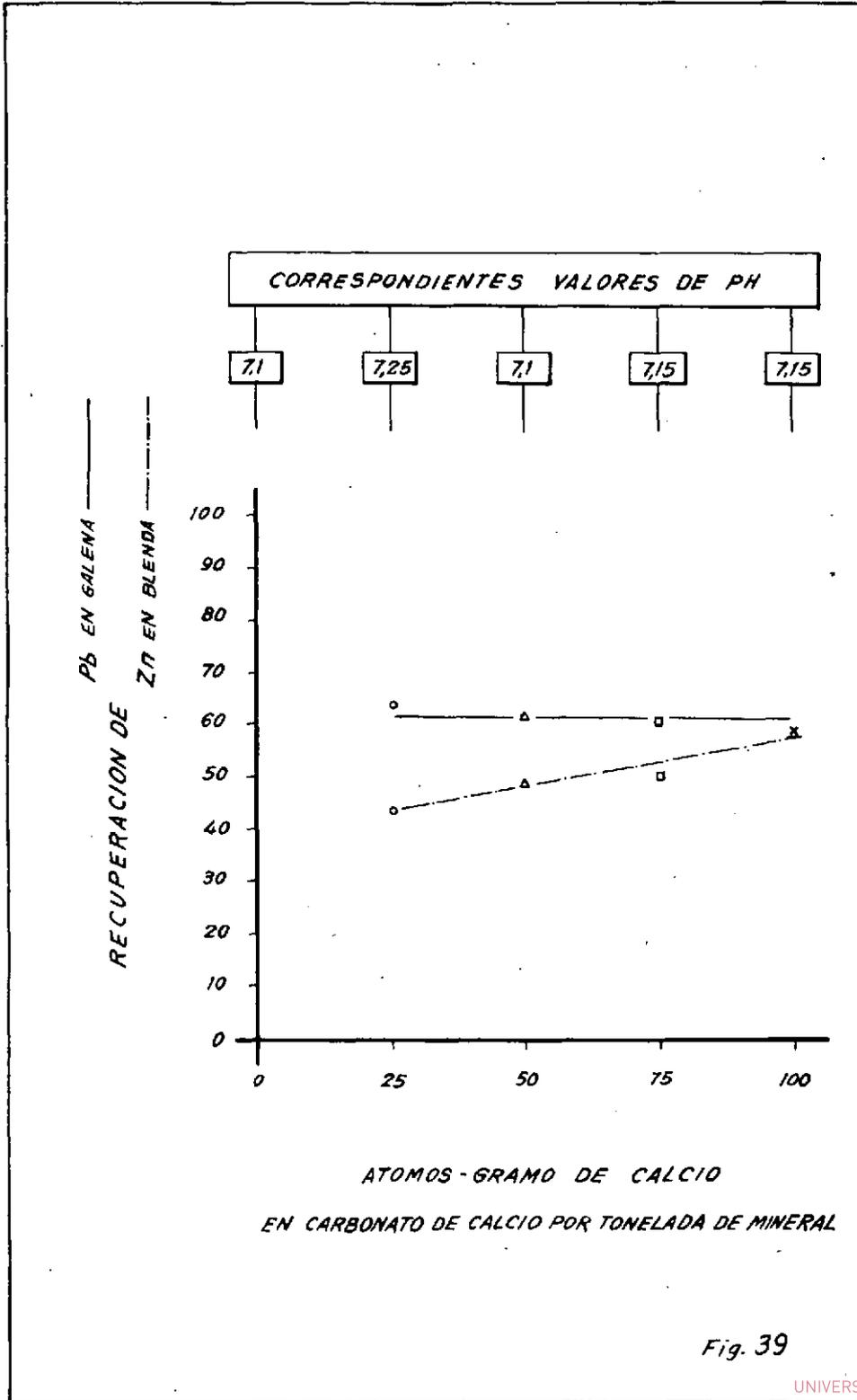


Fig. 39



CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS M-1, M-2, M-3 y M-4

- 1.—No hay la menor variación en el pH.
- 2.—Prácticamente, no afecta a la recuperación de plomo en galena, aunque se observa una ligera depresión en la galena, por la posible formación de una película de carbonato de calcio sobre las superficies alteradas del mineral, por oxidación de los cristales de galena.
- 3.—Aumenta la reactivación del cinc por adsorción del sulfato de cobre debida por una parte, al carbonato cálcico ligero añadido y, por otra, a un mayor efecto de los iones cobre sobre el cianuro anteriormente fijado a la superficie de los cristales de blenda.

N.—Sulfato de calcio como agente regulador en flotación

En el cuadro siguiente se señalan las cantidades y concentraciones del reactivo sulfato de calcio.

POR TONELADA		POR 1.500 gr		SO ₄ Ca. 2H ₂ O	P _m = 172
g Ca	At g Ca	g Ca	At g 10 ²	B g	n mls
1000	25	1,5	3,75	6,45	25
2000	50	3,0	7,5	12,90	50
3000	75	4,5	11,25	19,35	75
4000	100	6,0	15	25,80	100

n representa mls de suspensión al 25,8 % de sulfato de calcio que corresponden a los g indicados en el cuadro anterior.

La baja solubilidad en agua del SO₄Ca (0,241 g/l, a 0° C, y 0,222 g/l a 100° C) hace que la suspensión se tenga que agitar, para homogenizar, antes de efectuar las correspondientes dosificaciones.

EXPERIENCIA N.º N-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	SO ₄ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			25				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							N-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							N-1-C
Estériles								N-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
N-1-B	40,9	2,86	31,20	5,50	0,89	0,15	65,0	19,2
N-1-C	21,1	1,47	4,16	26,90	0,06	0,30	4,5	50,0
N-1-R	1367,0	95,67	0,44	0,25	0,42	0,24	30,6	30,8
N-1-A	1429,0	100,00			1,37	0,78	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º N-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	OMg	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
		7,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							N-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							N-2-C
Estériles								N-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
N-2-B	42,6	3,00	28,6	4,30	0,86	0,13	64,6	19,0
N-2-C	19,1	1,34	2,25	26,10	0,03	0,35	2,3	49,0
N-2-R	1365,0	95,66	0,46	0,24	0,44	0,23	33,1	32,0
N-2-A	1426,7	100,00			1,33	0,71	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º N-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg. Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	SO ₄ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		7,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							N-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							N-3-C
Estériles								N-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
N-3-B	39,7	2,77	27,80	5,75	0,77	0,15	63,1	23,4
N-3-C	22,8	1,59	2,90	18,40	0,04	0,29	3,3	45,0
N-3-R	1370,0	95,64	0,43	0,21	0,45	0,20	33,6	31,6
N-3-A	1432,5	100,00			1,22	0,64	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º N-4

MOLIENDA

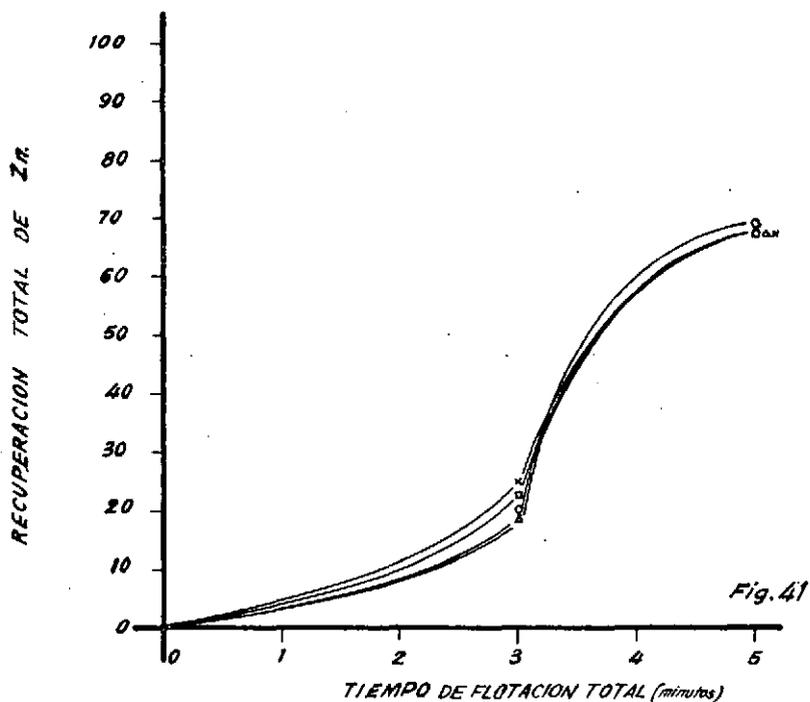
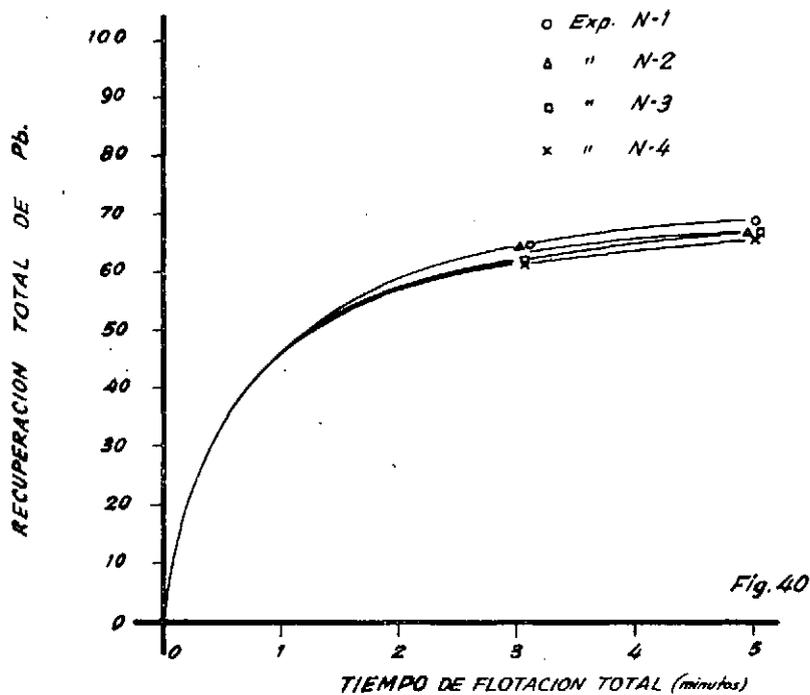
Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	SO ₄ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		7,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							N-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							N-4-C
Estériles								N-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
N-4-B	41,5	2,91	25,80	6,25	0,75	0,18	61,5	24,7
N-4-C	24,2	1,70	2,90	19,20	0,05	0,33	4,1	44,0
N-4-R	1363,0	95,39	0,44	0,25	0,42	0,24	34,4	32,0
N-4-A	1428,7	100,00			1,22	0,75	100,0	100,0



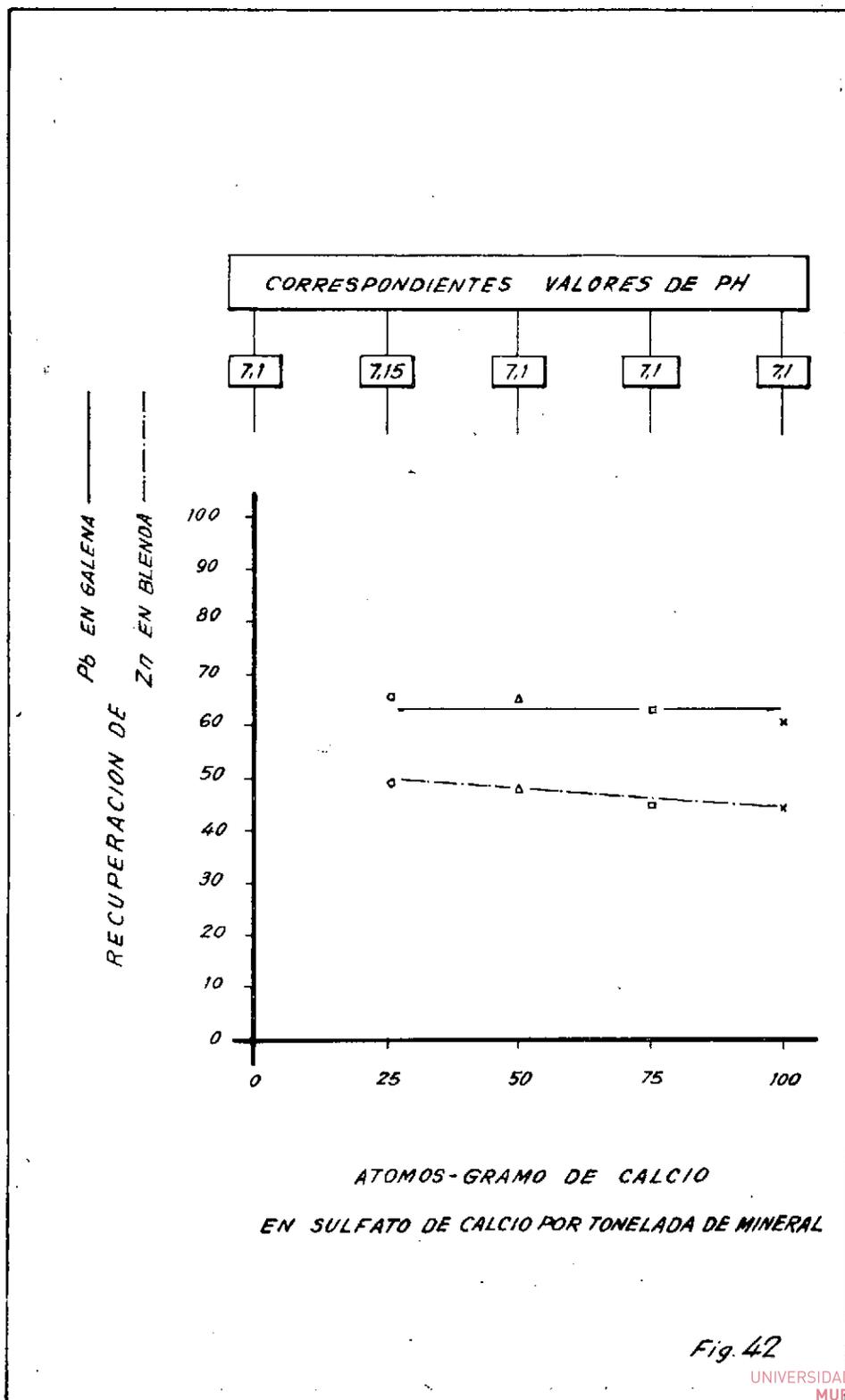


Fig. 42



CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS N-1, N-2, N-3 y N-4

- 1.—No hay, como es lógico, modificación del pH.
- 2.—Las primeras adiciones de sulfato de calcio originan ligero aumento de la recuperación del plomo. Posteriores adiciones causan un ligero descenso de la recuperación.
- 3.—La recuperación de cinc en blenda se ve ligeramente mejorada cuando se emplea la proporción de 25 at. - g de Ca en $\text{SO}_4\text{Ca}/\text{Tm}$. Para 50-75-100 at. - g de Ca en $\text{SO}_4\text{Ca}/\text{Tm}$ decrece ligeramente.
- 4.—No hay buena diferenciación, por falta de basicidad adecuada.

O.—Cloruro de calcio como agente regulador en flotación

En el cuadro siguiente se dan las cantidades y concentraciones del cloruro de calcio.

POR TONELADA		POR 1 500 g		$\text{Cl}_2\text{Ca} \cdot 6\text{H}_2\text{O}; \text{Pm} = 219$	
g Ca	At. g Ca	g Ca	At g 10^{-2}	Bg	n mls
1000	25	1,5	3,75	8,2	25
2000	50	3,0	7,50	16,4	50
3000	75	4,5	11,25	24,6	75
4000	100	6,0	15,00	32,8	100

n representa mls de disolución de cloruro de calcio al 32,8 % que corresponden a los pesos indicados en el cuadro anterior.

En este caso hay una verdadera disolución, ya que la solubilidad del $\text{Cl}_2\text{Ca} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ es 279 g/l a 0°C y 536 g/l a 20°C .

EXPERIENCIA N.º O-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 10 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Cl ₂ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			25				
		7,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							0-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							0-1-C
Estériles								0-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	L E Y E S		M E T A L E S		R E C U P E R A C I O N	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
O-1-B	32,4	2,28	37,20	3,30	0,85	0,08	63,7	11,0
O-1-C	17,9	1,26	4,00	28,40	0,05	0,36	3,7	48,0
O-1-R	1375,0	96,56	0,45	0,32	0,44	0,31	32,8	41,0
O-1-A	1425				1,34	0,75	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º O-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	PH	CNNa	Cl ₂ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							0-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							0-2-C
Estériles								0-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	L E Y E S		M E T A L E S		R E C U P E R A C I O N	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
O-2-B	30,6	2,15	33,00	2,50	0,71	0,05	58,7	7,8
O-2-C	21,5	1,51	3,30	23,81	0,05	0,36	4,1	55,7
O-2-R	1375,0	96,34	0,47	0,30	0,45	0,29	37,2	36,5
O-2-A	1427,1				1,21	0,70	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º O-3

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Cl ₂ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							0-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							0-g-C
Estériles								0-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %.	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %.	Zn %.	Pb	Zn	Pb %.	Zn %.
O-3-B	31,6	2,22	32,6	2,60	0,72	0,06	56,6	8,0
O-3-C	23,4	1,64	3,9	24,80	0,06	0,40	4,7	53,2
O-3-R	1372,0	96,14	0,5	0,30	0,49	0,29	38,7	38,8
O-3-A	1427,0				1,27	0,75	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º O-4

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Cl ₂ Ca	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		7,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							0-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							0-4-C
Estériles								0-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %.	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %.	Zn %.	Pb	Zn	Pb %.	Zn %.
O-4-B	37,5	2,63	26,70	3,40	0,70	0,09	57,8	14,1
O-4-C	16,4	1,15	1,40	18,90	0,01	0,22	0,8	34,4
O-4-R	1372,0	96,22	0,52	0,34	0,50	0,33	41,4	51,5
O-4-A	1425,9				1,21	0,64	100,0	100,0

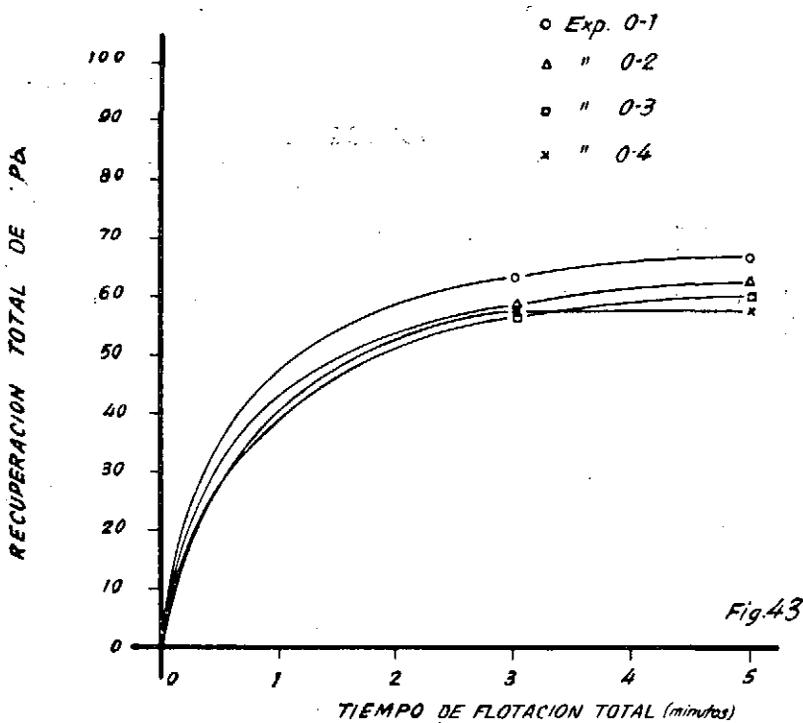


Fig. 43

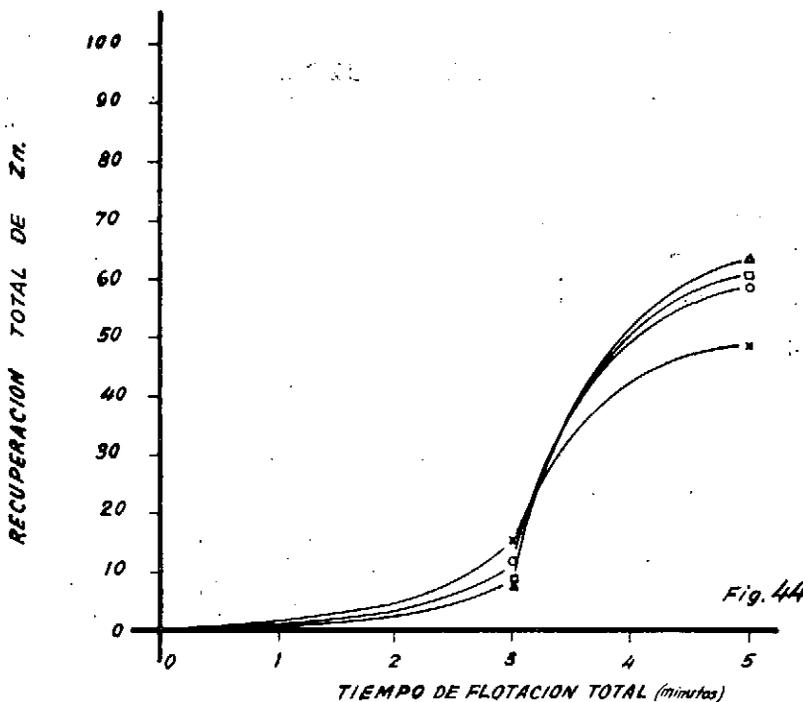


Fig. 44



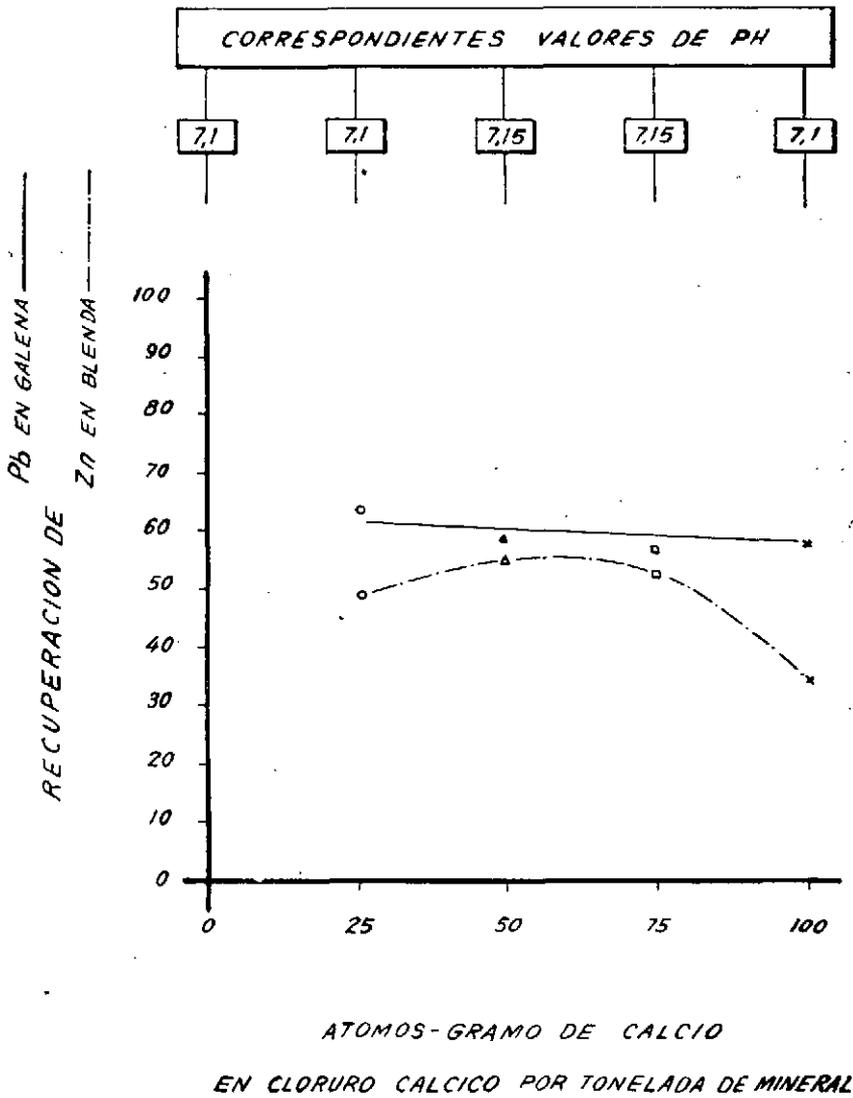


Fig.45



CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS O-1, O2, O-3 y O-4

1.—Como era de esperar, el cloruro cálcico no afecta al pH de la pulpa, por tanto, la diferenciación plomo-cinc no es buena.

2.—A medida que aumenta la concentración de Ca^{2+} en la pulpa, se origina un ligero efecto de depresión sobre la galena.

3.—Para la flotación de la blenda encontramos una proporción de cloruro cálcico que corresponde a un máximo de recuperación en blenda; a partir de este valor las recuperaciones disminuyen rápidamente, al tiempo que aumenta la proporción de Ca^{2+} .

P.—Hidróxido de estroncio como agente regulador en flotación

En el cuadro siguiente se dan las cantidades y concentraciones de hidróxido de estroncio.

POR TONELADA		POR 1 500 g		Sr (OH) ₂ , 8420; Pm = 26	
g Sr.	At g Sr.	g Sr	At. g 10 ⁻²	B gr	n mls
2190	25	3,28	3,75	10	25
4380	50	6,56	7,5	20	50
6570	75	9,85	11,25	30	75
8760	100	13,2	15	40	100

n representa mls de suspensión de hidróxido de estroncio al 40 %. Solubilidad del hidróxido de estroncio:

0,41 g/l a 0° C
21,8 g/l a 100° C

EXPERIENCIA N.º P-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Sr(OH) ₂	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Est.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			25				
		8,9						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							P-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							P-1-C
Estériles								P-1-A

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
P-1-B	28,5	2,14	51,70	0,55	1,1	0,01	70,0	1,3
P-1-C	16,6	1,25	3,40	42,20	0,04	0,52	2,5	65,7
P-1-R	1380,0	96,61	0,45	0,27	0,43	0,26	27,5	33,0
P-1-A	1344,1				1,57	0,79	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º P-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Sr(OH) ₂	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Est.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
		9,5						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							P-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							P-2-C
Estériles								P-2-A

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
P-2-B	28,4	2,14	47,20	0,48	1,01	1,01	66,4	1,2
P-2-C	24,2	1,83	2,20	25,40	0,04	0,46	2,6	66,1
P-2-R	1382,0	96,03	0,49	0,36	0,47	0,35	31,0	42,7
P-2-A	1434,0				1,52	0,82	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º P-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Sr(OH) ₂	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		9,9						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							P-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							P-3-C
Estériles								P-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
P-3-B	31,8	2,4	45,5	0,37	1,09	0,01	66,5	1,3
P-3-C	26,5	2,0	3,20	20,30	0,06	0,41	3,7	53,2
P-3-R	1365,0	95,6	0,51	0,37	0,49	0,35	29,8	45,5
P-3-A	1423,3				1,64	0,77	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º P-4

MOLIENDA

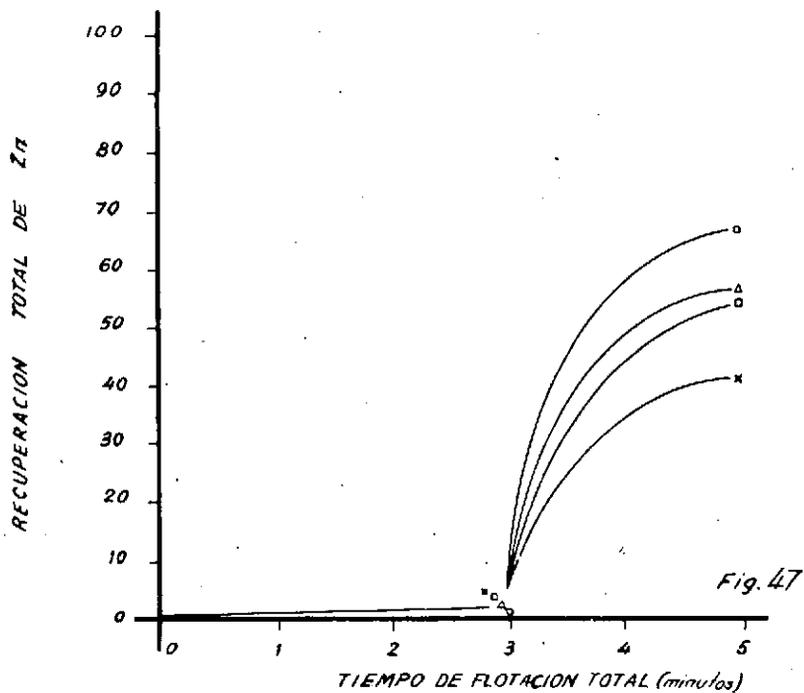
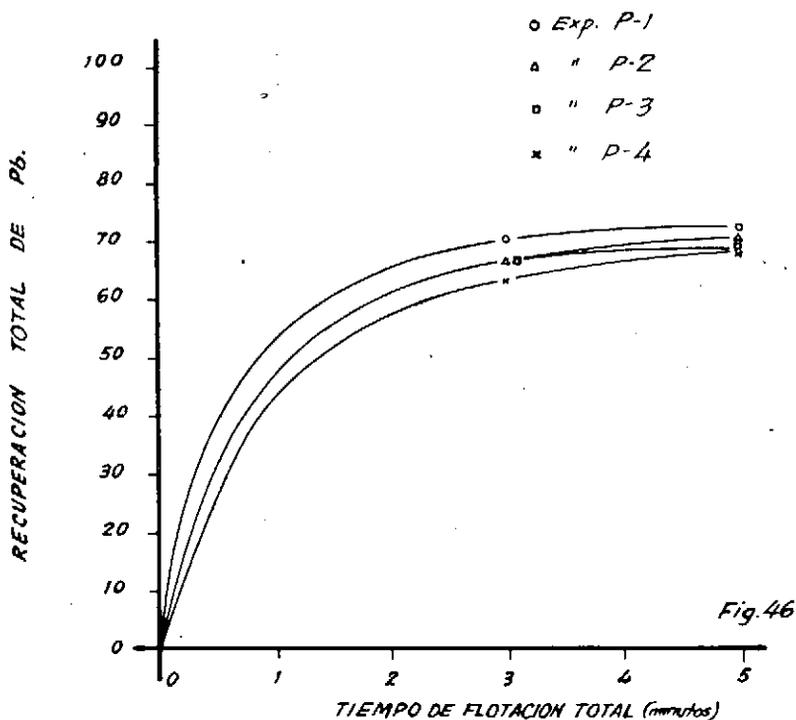
Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Sr(OH) ₂	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		10,7						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							P-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							P-4-C
Estériles								P-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
P-4-B	42,1	2,96	30,20	0,30	0,90	0,01	63,4	1,7
P-4-C	46,5	3,26	2,20	10,40	0,07	0,23	4,9	39,6
P-4-R	1335,0	93,78	0,48	0,36	0,45	0,34	31,7	58,7
P-4-A	1423,6				1,42	0,58	100,0	100,0



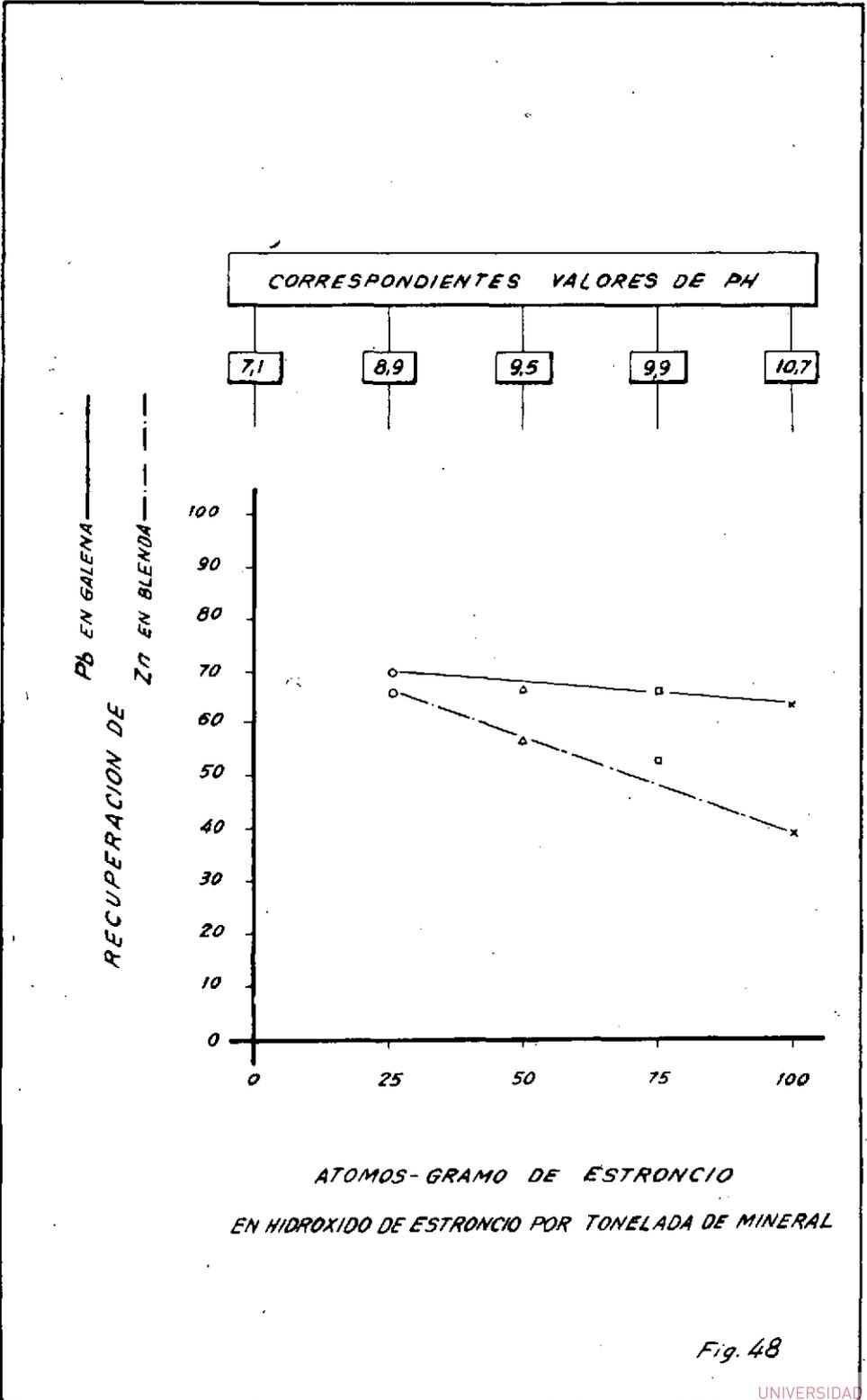


Fig. 48



CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS P-1, P-2, P-3, y P-4

- 1.—El pH varía sensiblemente con la cantidad de reactivo añadida.
- 2.—Tanto las recuperaciones de plomo en galena, como cinc en blenda, presenta un máximo de recuperación para el valor de 25 at.-g de Sr por tonelada de mineral y con un $\text{pH} = 8,9$
- 3.—La diferenciación plomo-cinc en el concentrado de galena es muy buena.
- 4.—En exceso de reactivo, con el consiguiente aumento del pH se origina un ligero descenso en la recuperación del plomo y brusco en la del cinc, pues hemos sobrepasado el pH crítico.

Q.—Carbonato de estroncio, como agente regulador en flotación

En el cuadro siguiente se indican las cantidades y concentraciones de carbonato de estroncio.

POR TONELADA		POR 1500 g		$\text{CO}_3\text{Sr.} : \text{Pm} = 147,6$	
g Sr.	At. g	g Sr	At g 10^{-2}	B g	n mls
2190	25	3,28	3,75	5,5	25
4380	50	6,59	7,5	11	50
6570	75	9,84	11,25	16,5	10
8760	100	13,12	15	22	100

n representa mls de suspensión de carbonato de estroncio al 22 % cuyo contenido corresponde a los pesos indicados en el cuadro anterior.

La solubilidad es muy baja, 0,0011 g/l, a 0°C y 0,065 g/l, a 100°C , por lo cual se agitó vigorosamente antes de realizar las correspondientes dosificaciones.

EXPERIENCIA N.º Q-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₂ Sr	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			25				
		7,4						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							Q-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							Q-1-C
Estériles								Q-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
Q-1-B	36,2	2,56	38,10	5,30	0,97	0,13	71,4	16,3
Q-1-C	18,2	1,29	1,80	28,70	0,02	0,37	1,5	46,2
Q-1-R	1358,0	95,15	0,39	0,31	0,37	0,30	27,1	37,5
Q-1-A	1412,4				1,36	0,80	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º Q-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₂ Sr	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
		7,4						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							Q-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							Q-2-B
Estériles								Q-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
Q-2-B	38,1	2,72	34,60	4,31	0,94	0,12	68,5	15,8
Q-2-C	18,0	1,28	1,50	28,20	0,02	0,36	1,8	45,7
Q-2-R	1345,0	95,00	0,43	0,33	0,41	0,32	29,7	38,5
Q-2-A	1401,0				1,37	0,80	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º Q- 3
MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₃ Sr	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		7,4						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							Q-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							Q-3-C
Estériles								Q-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
Q-3-B	38,9	2,72	34,70	5,10	0,94	0,14	65,1	17,3
Q-3-C	23,9	1,68	2,10	23,00	0,03	0,38	2,1	47,0
Q-3-R	1365,0	95,60	0,49	0,31	0,47	0,29	32,8	36,7
Q-3-A	1427,8				1,54	0,81	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º Q- 4

MOLIENDA

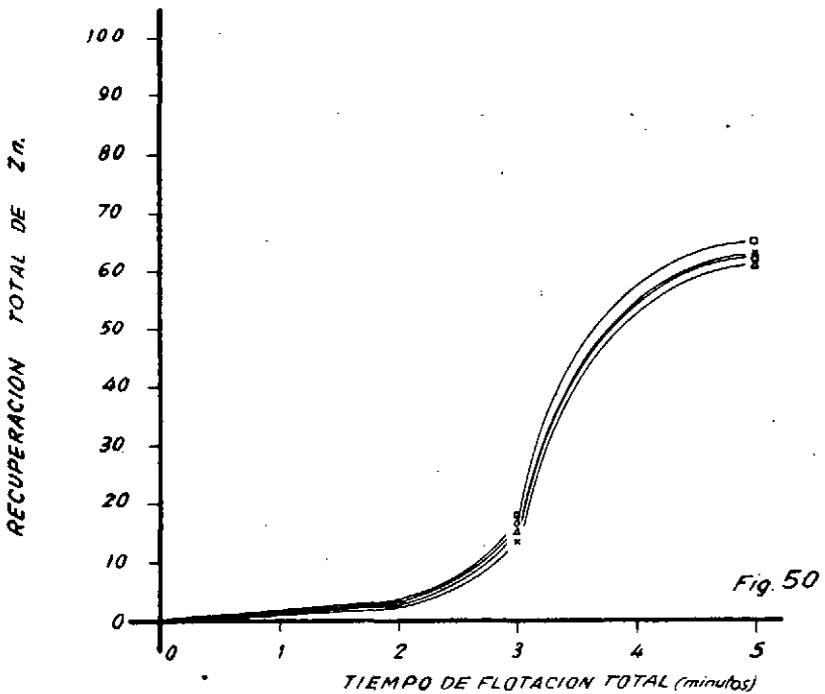
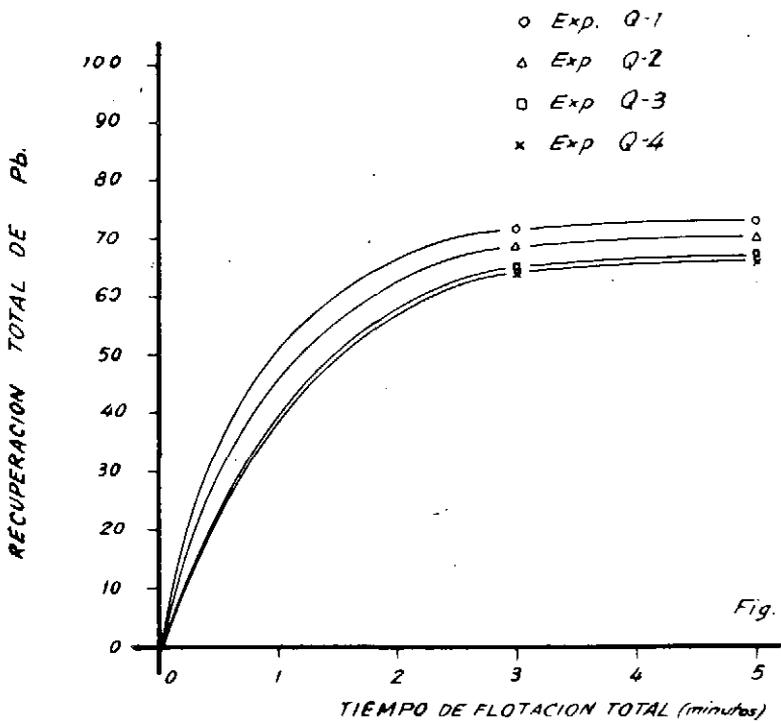
Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

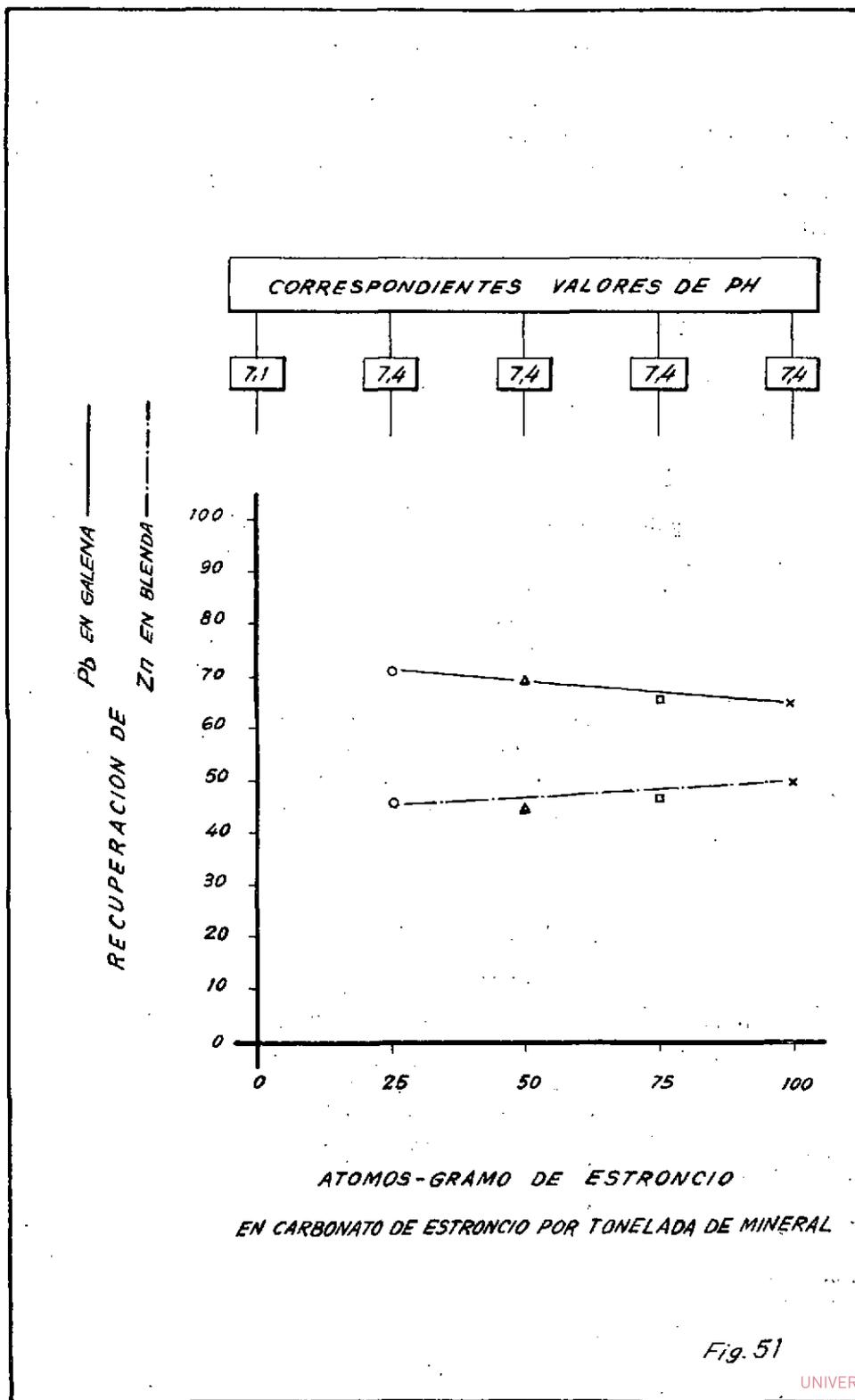
FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₃ Sr	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		7,4						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							Q-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							Q-4-C
Estériles								Q-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
Q-4-B	34,0	2,37	39,20	4,60	0,93	0,11	64,1	13,5
Q-4-C	20,9	1,46	2,70	27,60	0,04	0,40	2,7	49,4
Q-4-R	1377,0	96,17	0,50	0,31	0,48	0,30	33,2	37,0
Q-4-A	1431,9				1,45	0,81	100,0	100,0





CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS Q-1, Q-2, Q-3 y Q-4

1.—No hay, prácticamente variación de pH, con el aumento de concentración del carbonato de estroncio.

2.—No hay buena diferenciación plomo-cinc.

3.—Se observa un ligero descenso de recuperación de plomo en galena a medida que aumenta la concentración de carbonato de estroncio, acompañada de un ligero aumento de la recuperación de cinc en blenda.

R.—Sulfato de estroncio como agente regulador en flotación

En el cuadro siguiente se indican las cantidades y concentraciones del sulfato de estroncio.

POR TONELADA		POR 1 500 g		SO ₄ Sr. ; Pm = 183,7	
g Sr.	At g Sr.	g Sr.	At, g 10 ⁻²	B g	n mls
2190	25	3,28	3,75	6,85	25
4380	50	6,56	7,5	13,70	25
6570	75	9,84	11,25	20,55	75
8760	100	13,2	15	27,40	100

n representa mls de suspensión de sulfato de estroncio al 27,40 % que corresponden a los pesos indicados en el cuadro anterior.

La solubilidad del SO₄Sr. es muy baja, 0,0113 g/l, a 0° C, y 0,0114 g/l, a 30° C, por lo cual se agitó vigorosamente antes de realizar las correspondientes dosificaciones.

EXPERIENCIA N.º R-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	SO ₄ Sr	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			25				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							R-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							R-1-C
Estériles								R-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
R-1-B	30,4	2,15	41,8	4,90	0,90	0,10	64,7	13,0
R-1-C	23,9	1,69	3,0	20,00	0,05	0,34	3,6	44,2
R 1-R	1360,0	96,16	0,46	0,34	0,44	0,33	31,7	42,8
R-1-A	1414,3				1,39	0,77	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º R-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	SO ₄ Sr	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							R-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							R-2-C
Estériles								R-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
R-2-B	37,6	2,68	35,00	6,00	0,94	0,16	68,2	21,3
R-2-C	25,3	1,80	2,51	16,90	0,04	0,30	3,4	40,0
R-2-R	1341,0	95,52	0,42	0,30	0,40	0,29	28,4	38,7
R-2-A	1403,9				1,38	0,75	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º R-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	SO ₄ Sr	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							R-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							R-3-C
Estériles								R-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
R-3 B	34,0	2,38	40,70	6,30	0,97	0,15	70,7	20,2
R-3-C	22,7	1,59	1,90	19,50	0,03	0,31	2,0	41,8
R-3-R	1371,0	96,03	0,38	0,29	0,37	0,28	27,3	38,0
R-3-A	1427,7				1,37	0,74	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º R-4

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CN _{Na}	S _O ,Sr	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		7,15						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							R-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							R-4-7
Estériles								R-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
R-4-B	36,2	2,54	42,70	5,70	0,97	0,14	71,7	18,4
R-4-C	21,1	1,48	2,60	23,00	0,03	0,34	2,6	44,6
R-4-R	1370,0	95,98	0,37	0,29	0,35	0,28	25,7	37,0
R-4-A	1427,3				1,35	0,76	100,0	100,0

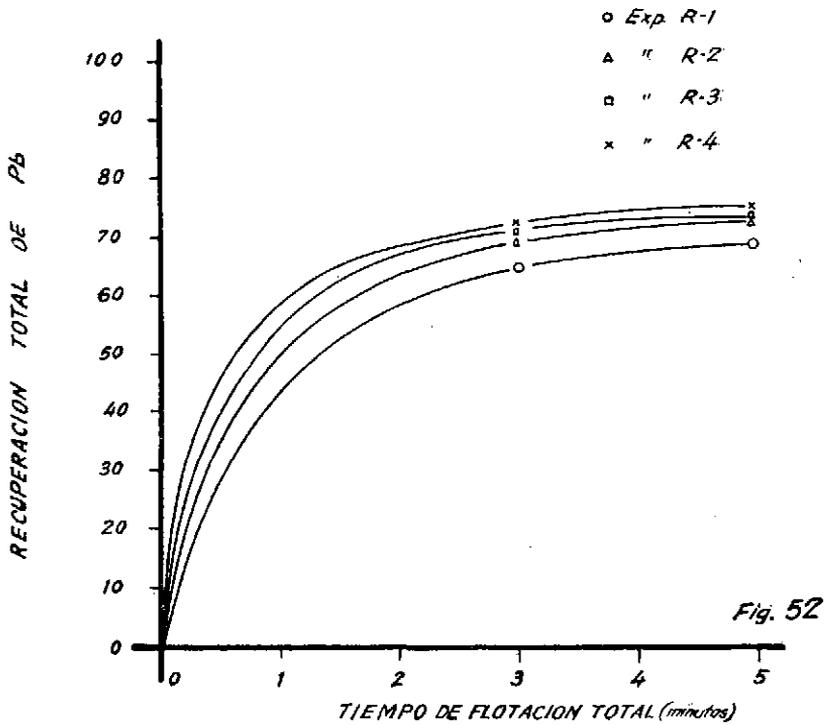


Fig. 52

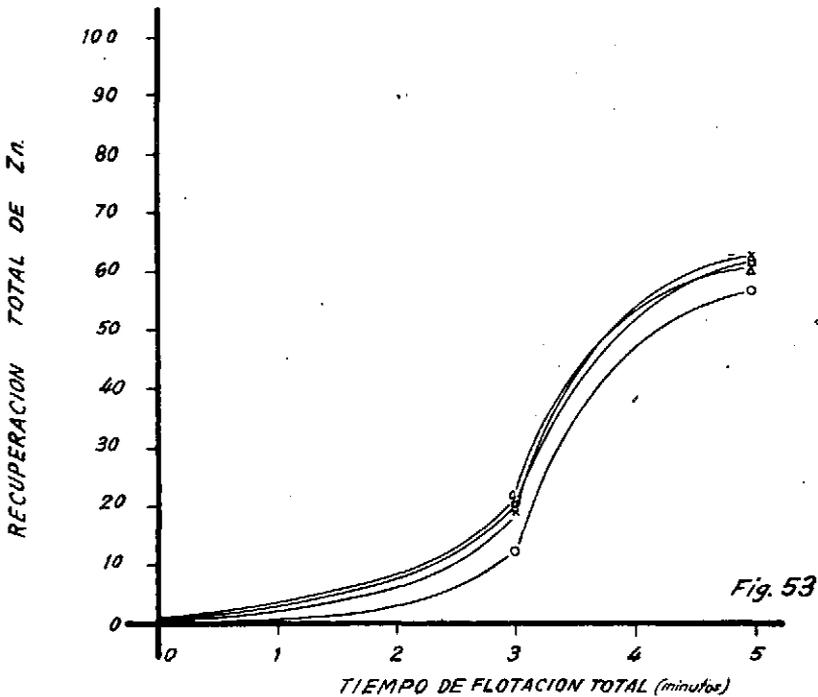


Fig. 53



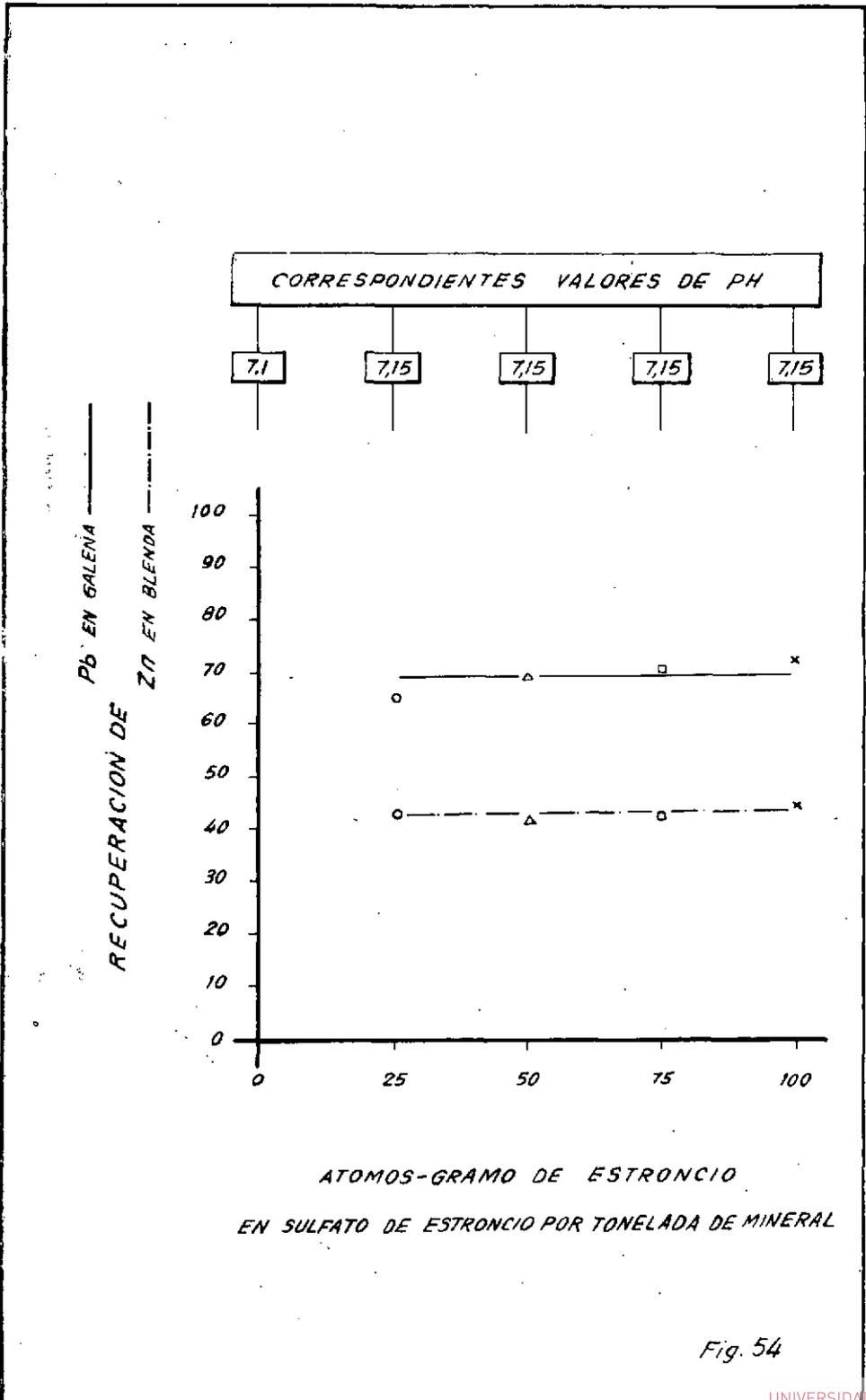


Fig. 54

CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS R-1, R-2, R-3 y R-4

1.—No hay influencia del pH.

2.—No hay buena diferenciación plomo-cinc en el concentrado de galena.

3.—Se observa un ligero aumento en la recuperación de plomo y cinc a medida que aumenta la concentración del reactivo.

S.—Hidróxido de bario como agente regulador en flotación

En el cuadro siguiente se indican las cantidades y concentraciones de hidróxido de bario.

POR TONELADA		POR 1,500 g		Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O : Pm=315·5	
g Ba	At. g Ba	g Ba	At. g Ba	B g	n mls
3435	25	5,15	° 3,75	12	25
6870	50	10,30	7,5	24	50
10305	75	15,45	11,25	36	75
13740	100	20,60	15	48	100

n representa mls de suspensión al 48 % de hidróxido de bario que corresponden a los pesos indicados en el cuadro anterior.

La solubilidad del Ba(OH)₂·8HO es 5,6 g/l a 15° C y 94 g/l a 80° C, por lo que se deposita fácilmente en el frasco que lo contiene, lo que obliga a agitarlo vigorosamente, antes de su empleo para su homogeneización.

EXPERIENCIA N.º S-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Ba(OH) ₂ , Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10				
Acondicionamiento	2			25			
Acondicionamiento	1	7,9			20	1 gota	
Flotación	3						S-1-B
Acondicionamiento	2					45	
Flotación	2						S-1-C
Estériles							S-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
S-1-B	35,9	2,58	41,70	4,10	1,08	0,10	69,6	13,0
S-1-C	25,0	1,80	2,30	23,80	0,04	0,41	2,6	53,2
S-1-R	1332,0	95,52	0,45	0,27	0,43	0,26	27,8	33,8
S-1-A	1392,9				1,55	0,77	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º S-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Ba(OH) ₂	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5	°	10					
Acondicionamiento	2			50				
		8,2						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							S-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							S-2-C
Estériles								S-2-R

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
S-2-B	37,5	2,54	41,50	1,50	1,05	0,04	68,6	4,5
S-2-C	22,4	1,57	1,80	34,20	0,03	0,54	3,0	60,6
S-2-R	1362,0	95,89	0,47	0,32	0,45	0,31	29,4	34,9
S-2-A	1421,9				1,53	0,89	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º S-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Ba(OH) ₂	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		8,5						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							S-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							S-3-C
Estériles								S-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
S-3-B	30,3	2,16	45,90	0,55	0,99	0,01	67,0	1,2
S-3-C	25,0	1,78	2,20	30,00	0,04	0,53	2,7	62,4
S-3-R	1352,0	96,06	0,47	0,32	0,45	0,31	30,3	36,4
S-3-A	1407,3				1,48	0,85	100,0	100,0

CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS S-1, S-2 y S-3

1.—Se observa un sensible aumento del pH, conforme aumentaron las cantidades de hidróxido de bario añadidas.

2.—La recuperación de plomo en el concentrado de galena disminuye ligeramente con la adición de reactivo, después de pasar por un valor máximo.

3.—La diferenciación plomo-cinc en el concentrado de galena se ve favorecida por el aumento de basicidad.

4.—En el valor máximo de basicidad (pH = 12,5) no se obtienen concentrados por desaparecer completamente la flotabilidad del mineral, y quedar deprimido tanto el plomo como el cinc, por haberse rebasado, ampliamente, el pH crítico.

T.—Carbonato de bario como agente regulador en flotación

En el cuadro siguiente se indican las cantidades y concentraciones de carbonato de bario.

POR TONELADA		POR 1,500 g		Co ₃ Ba : Pm = 197:3	
g Ba	At. g Ba	g Ba	At. g Ba 10 ²	B g	n mls
3435	25	5,15	3,75	7,45	25
6870	50	10,30	7,5	14,90	50
10305	75	15,45	11,25	21,35	75
13740	100	20,60	15	28,80	100

n representa mls de suspensión de carbonato de bario al 29,80 % que corresponden a los pesos indicados en el cuadro anterior.

La solubilidad es muy baja, 0,002 g/l, a 0° C y 0,006 g/l, a 100° C, lo que obligó a agitar la suspensión antes de realizar las correspondientes dosificaciones.

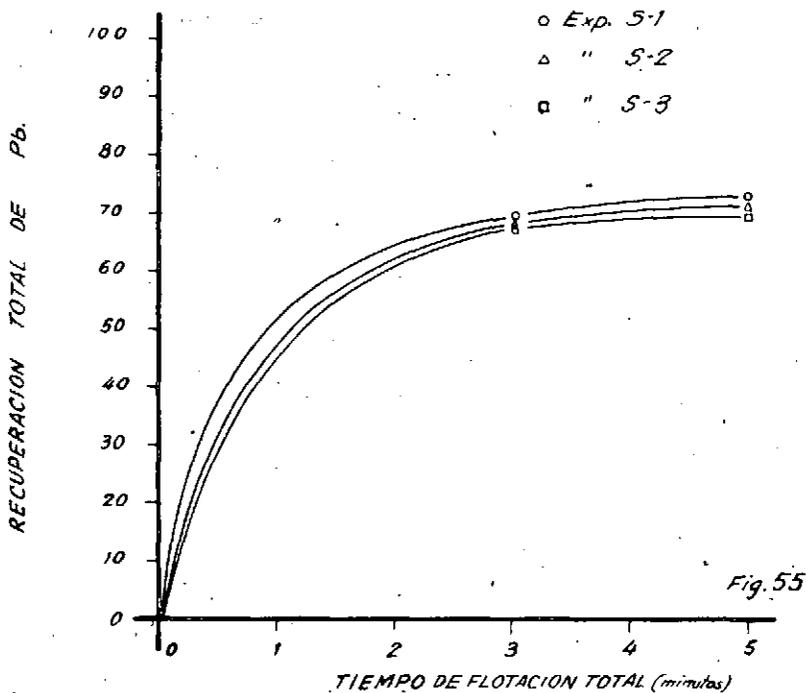


Fig. 55

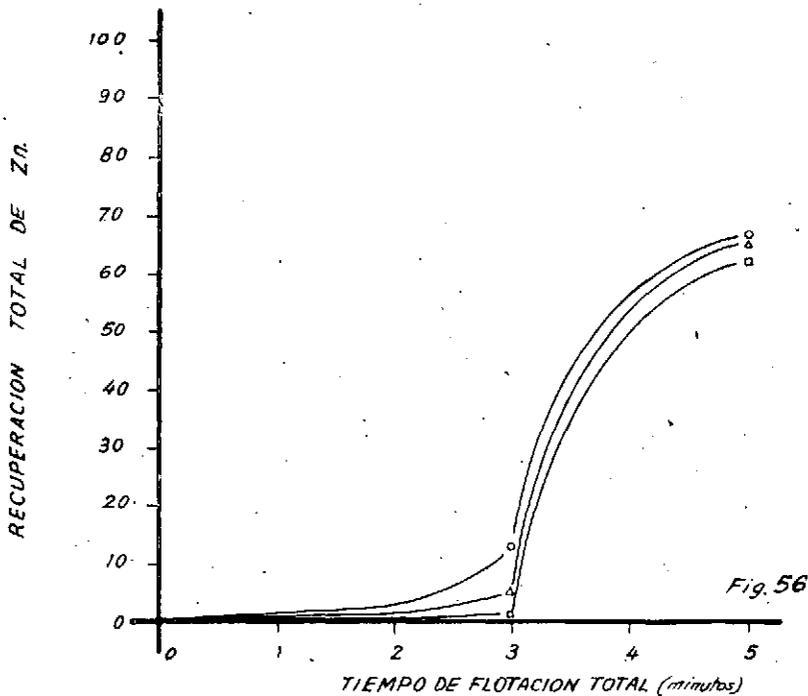


Fig. 56



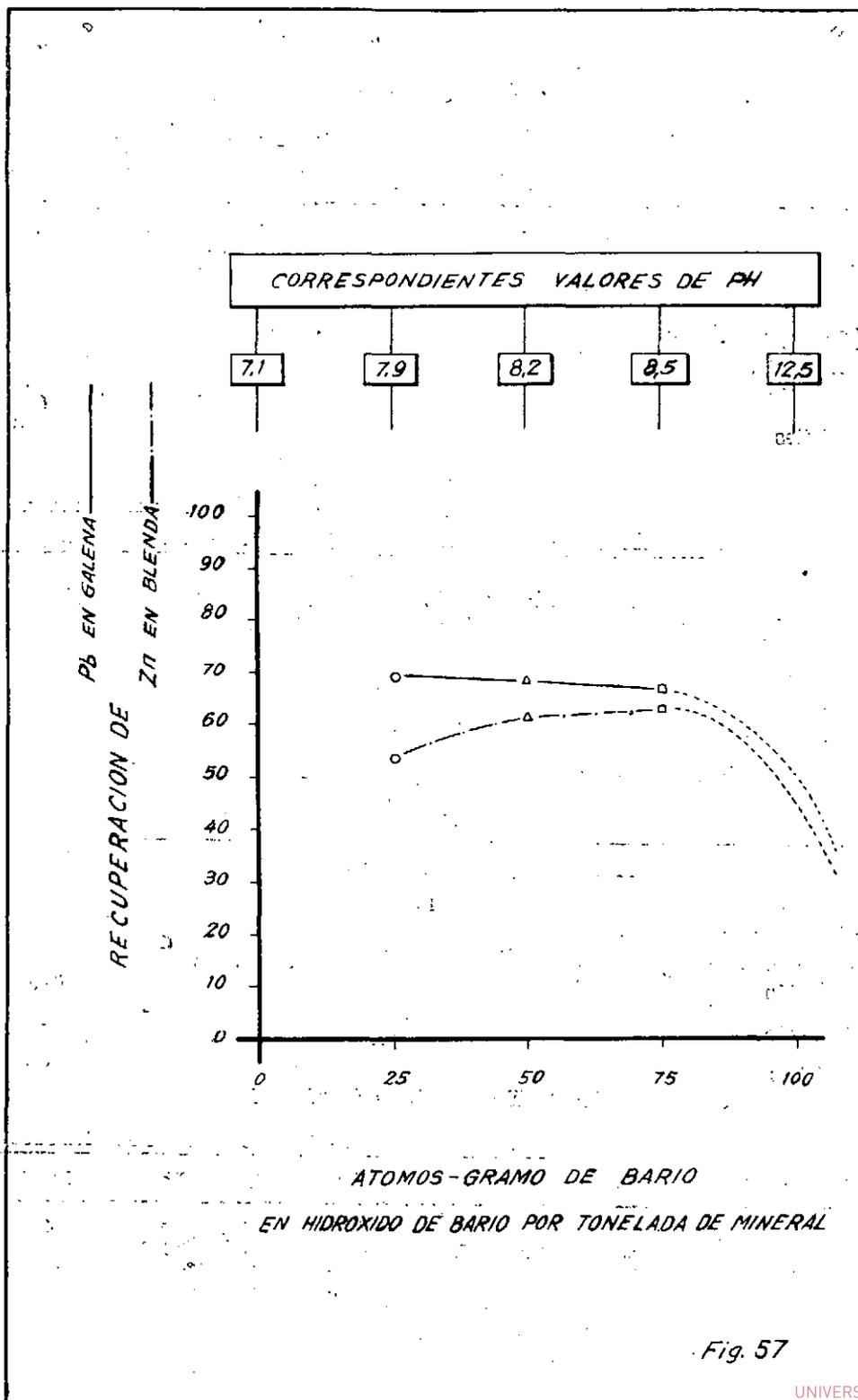


Fig. 57



EXPERIENCIA N.º T-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	BaCO ₃	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			25				
		7,8						
Acondicionamiento	3				20	1 gota		
Flotación	3							T-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							T-1-C
Estériles								T-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
T-1-B	32,0	2,28	45,50	2,10	1,04	0,05	67,5	5,5
T-1-C	22,4	1,59	3,30	35,30	0,05	0,29	3,2	62,1
T-1-R	1355,0	96,13	0,47	0,30	0,45	0,29	29,3	32,4
T-1-A	1409,4				1,54	0,90	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º T-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	BaCO ₃	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
		7,8						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							T-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							T-2-C
Estériles								T-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
T-2-B	33,0	2,32	41,50	1,50	0,96	0,04	68,5	4,6
T-2-C	26,1	1,83	2,20	27,60	0,04	0,50	2,9	57,4
T-2-R	1365,0	95,85	0,42	0,34	0,40	0,33	28,6	38,0
T-2-A	1424,1				1,40	0,87	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º T-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	BaCo ₃	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		7,8						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							T-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							T-3-C
Estériles								T-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
T-3-B	25,3	1,77	49,20	0,90	0,87	0,02	64,0	2,3
T-3-C	27,2	1,90	3,40	26,10	0,06	0,50	4,4	58,0
T-3-R	1380,0	96,33	0,45	0,35	0,43	0,34	31,6	39,7
T-3-A	1432,5				1,36	0,86	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º T-4

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

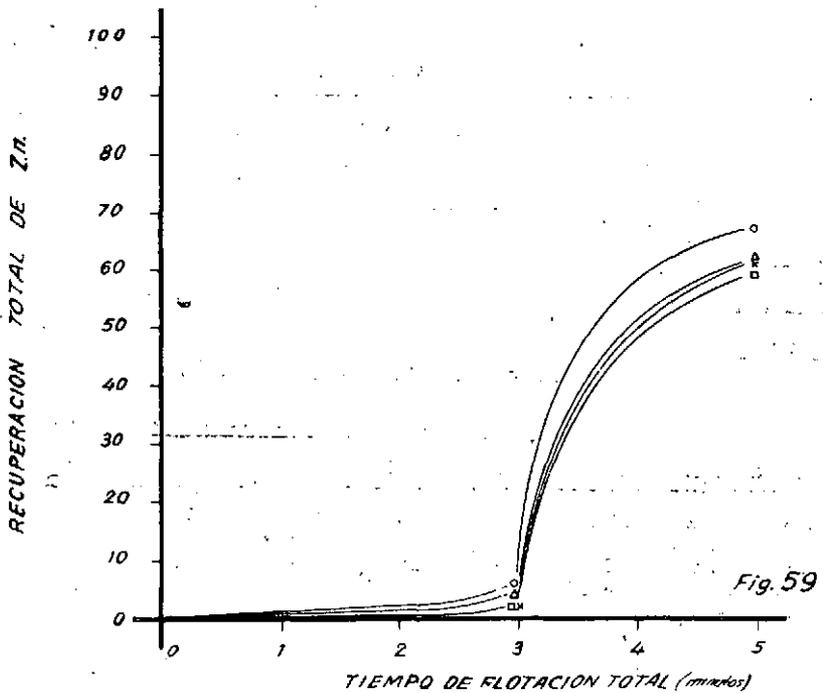
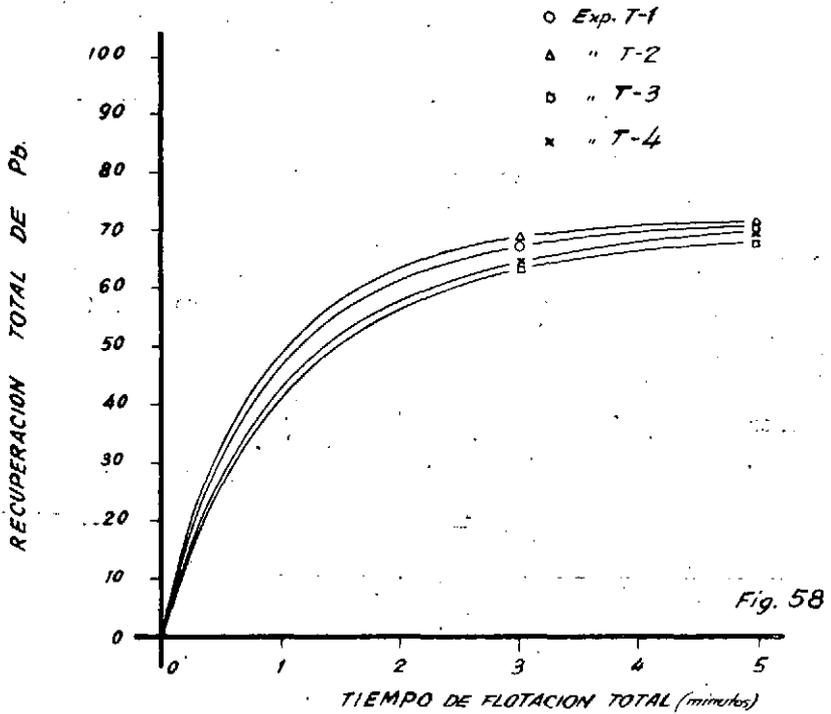
FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	BaCo ₃	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		7,8						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación	3							T-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							T-4-C
Estériles								T-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
T-4-B	27,5	1,91	46,20	1,00	0,88	0,02	64,5	2,2
T-4-C	26,7	1,86	4,60	28,40	0,08	0,53	5,9	59,5
T-4-R	1385,0	96,23	0,42	0,36	0,40	0,34	29,6	38,3
T-4-A	1439,2				1,36	0,89	100,0	100,0





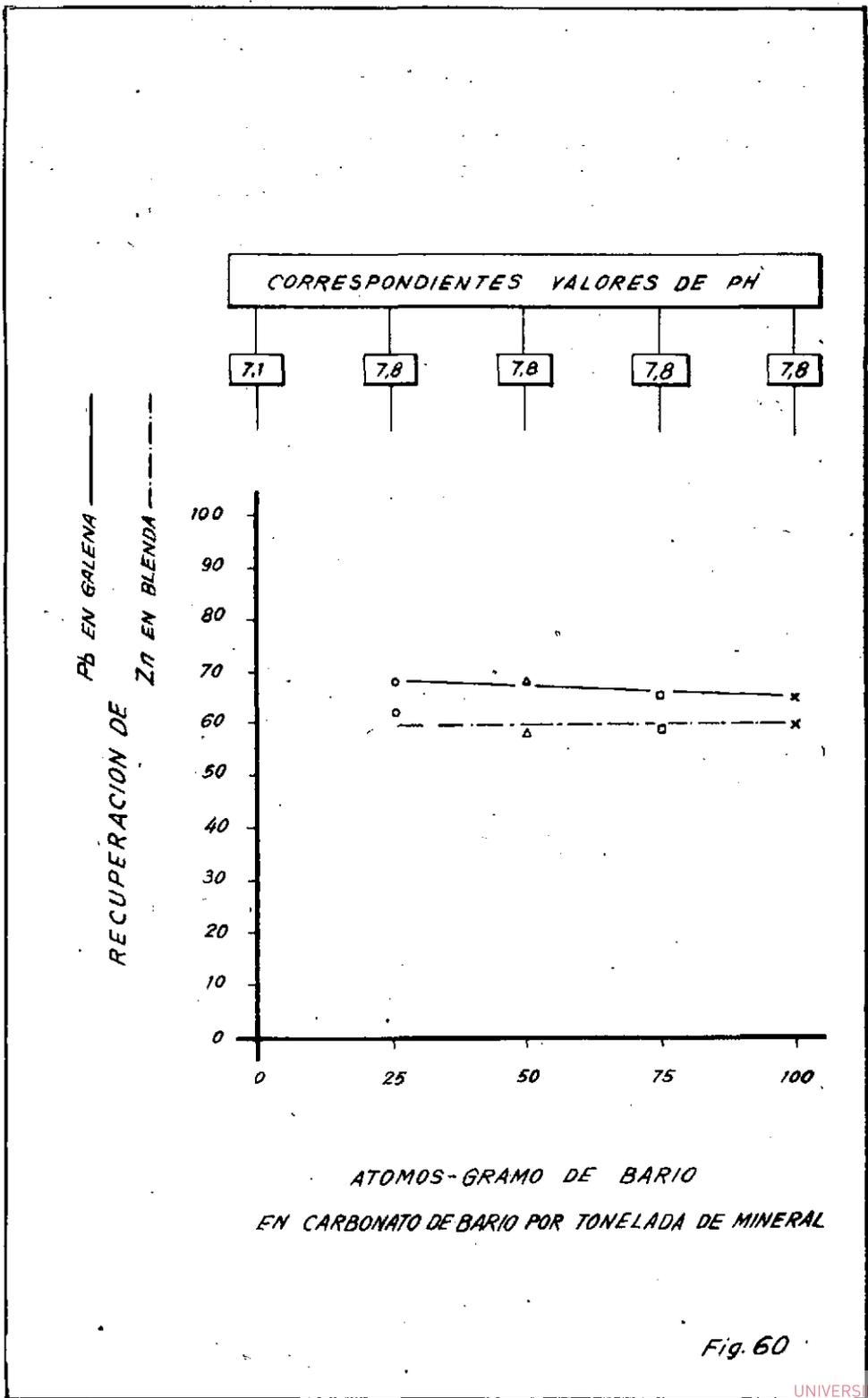


Fig. 60



CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS T-1, T-2, T-3 y T-4

- 1.—No hay variación de pH en las sucesivas adiciones de reactivo.
- 2.—La diferenciación plomo-cinc es aceptable.
- 3.—No se aprecia efecto marcado sobre las recuperaciones de plomo en galena y cinc en blenda.

U.—Sulfato bórico como agente regulador en flotación

En el cuadro siguiente se indican las cantidades y concentraciones de sulfato bórico.

POR TONELADA		POR 1.500 gr		SO ₃ Ba Pm = 233,4	
g Ba	At. g Ba	g Ba	At. grb 10 ⁻²	B g	n mls
3435	25	5,15	3,75	8,75	25
6870	50	10,30	7,5	11,50	50
10305	75	15,45	11,25	26,25	75
13740	100	20,60	15	35	100

n representa mls de suspensión de sulfato bórico al 35,00 %, cuyos contenidos corresponden a los pesos indicados en el cuadro anterior.

La solubilidad es muy baja, 0,0023 g/l a 18° C y 0,0039 a 100° C, lo cual obligó a homogeneizar la suspensión mediante vigorosa agitación, antes de realizar las correspondientes dosificaciones.

EXPERIENCIA N.º U-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	BaSO ₄	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			25				
		7,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							U-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							U-1-C
Estériles								U-1-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
U-1-B	37,1	2,62	36,70	8,40	0,96	0,22	66,5	25,0
U-1-C	21,9	1,55	3,50	21,10	0,05	0,33	3,5	37,5
U-1-R	1357,0	95,83	0,45	0,34	0,43	0,33	30,0	37,5
U-1-A	1416,0				1,44	0,88	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º U-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	BaSO ₄	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
		7,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							U-2-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							U-2-C
Estériles								U-2-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
U-2-B	34,0	2,40	37,40	5,20	0,90	0,12	66,2	15,4
U-2-C	26,2	1,85	3,50	20,00	0,06	0,37	4,4	47,5
U-2-R	1355,0	95,75	0,42	0,30	0,40	0,29	29,6	36,1
U-2-A	1415,2				1,36	0,78	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º U-3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	BaSO ₄	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			75				
		7,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							U-3-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							U-3-C
Estériles								U-3-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
U-3-B	28,3	2,00	43,50	6,00	0,87	0,12	64,1	15,7
U-3-C	25,5	1,80	2,80	21,10	0,05	0,38	4,1	48,3
U-3-R	1360,0	96,20						
U-3-A	1413,8				1,36	0,79	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º U-4

MOLIENDA

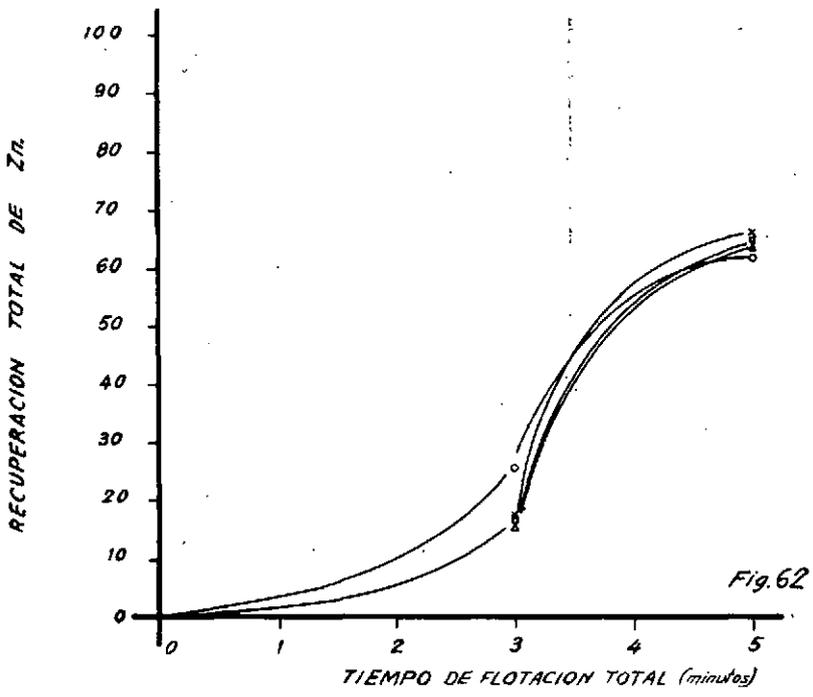
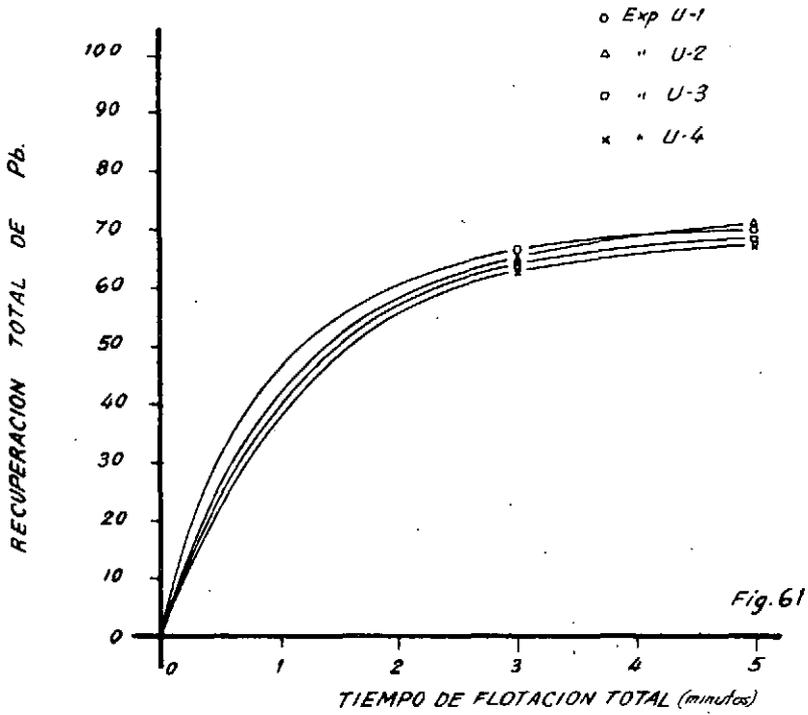
Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

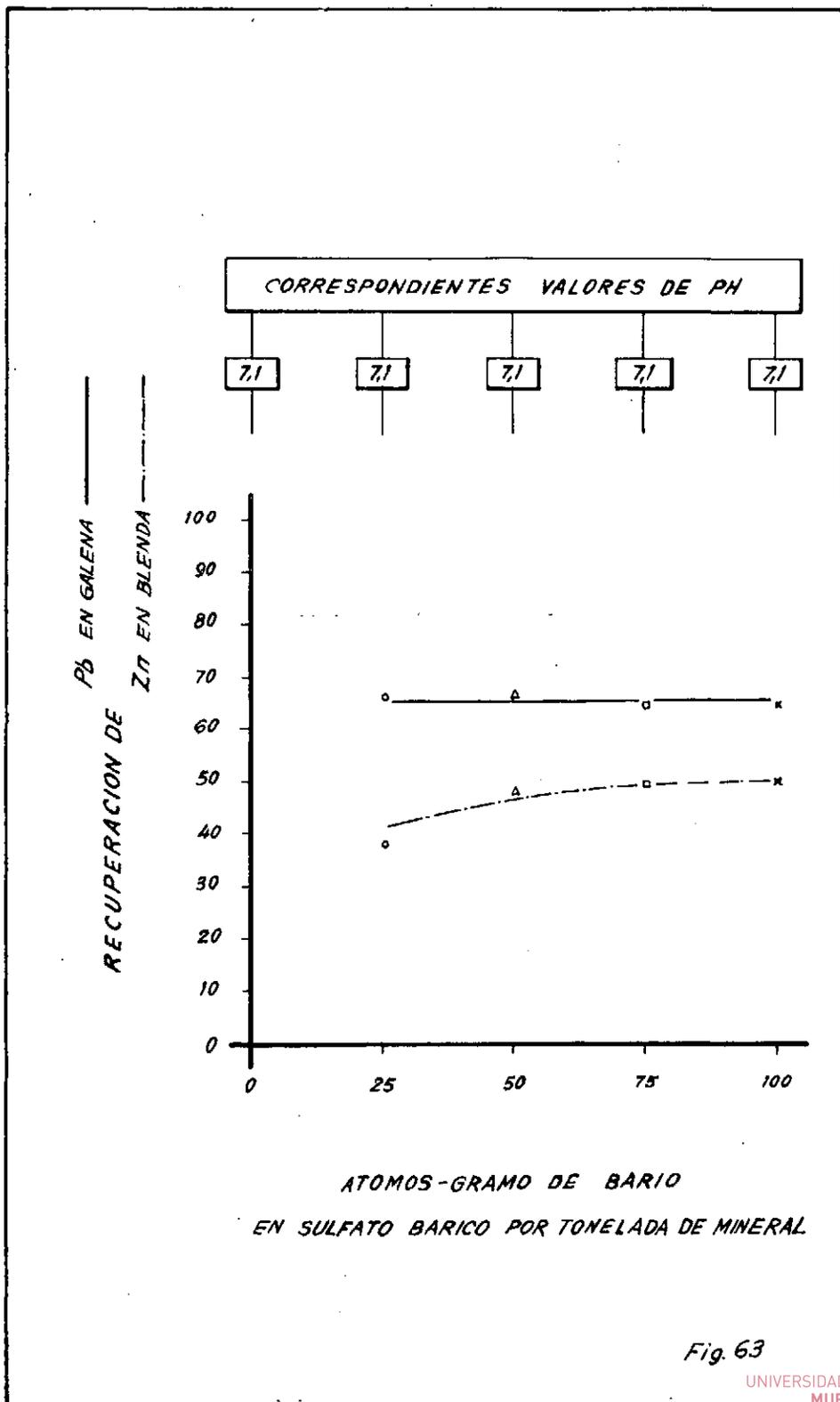
FLOTACION

	Minutos	PH	CNNa	BaSO ₄	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			100				
		7,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							U-4-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							U-4-C
Estériles								U-4-R

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
U-4-B	30,5	2,14	40,70	5,50	0,87	0,12	63,5	16,5
U-4-C	22,7	1,59	4,20	23,50	0,06	0,37	4,4	50,0
U-4-R	1375,0	96,27	0,46	0,26	0,44	0,25	32,1	33,8
U-4-A	1428,2				1,37	0,74	100,0	100,0





CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS U-1, U-2, U-3 y U-4

1.—No hay variación de pH.

2.—La recuperación de plomo es muy poco afectada por las sucesivas adiciones de reactivo.

3.—Es de notar el alto valor de la recuperación de cinc en los concentrados de galena, debido a una exaltación de la flotabilidad de la blenda, por falta de basicidad para la diferenciación.

Y.—*Carbonatos de los elementos alcalino-térreos,
a basicidad controlada por KOH*

Se pretende mantener en esta serie de experiencias una basicidad constante, aproximadamente $\text{pH} = 9$, mediante una adecuada adición de hidróxido potásico.

En estas condiciones se realiza un ensayo de flotación con la cantidad adecuada de hidróxido potásico, únicamente como reactivo regulador, y, después, una serie de experiencias en las que se suma a la acción de este reactivo las posibles acciones de los carbonatos de los elementos alcalino-térreos.

Para conocer la cantidad de hidróxido potásico al 20 % que se debe añadir, hemos realizado una experiencia previa, en la que se han hecho sucesivas adiciones de 5 ml de hidróxido potásico y las correspondientes mediciones de pH, después de dos minutos de acondicionamiento. Los valores de pH contenidos han sido:

ml KOH 20 %	0	5	10	15	20	25	35
pH	6,9	7,5	8	8,25	8,5	8,9	9,1

EXPERIENCIA N.º Y-1

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₂ Mg	KOH	Et-X	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50	35			
		9,3						
Acondicionamiento	1					20		
Flotación	3					1 gota		Y-1-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							Y-1-C
Estériles								Y-1-R

A. P.

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
Y-1-B	26,1	1,83	49,0	0,37	0,89	0,01	63,0	1,2
Y-1-C	33,4	2,14	3,5	23,00	0,07	0,49	5,0	57,7
Y-1-R	1365,0	96,03	0,47	0,37	0,45	0,35	32,0	41,1
Y-1-A	1424,5				1,41	0,85	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º Y-2

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₂ Ca	KOH	Et-X	SO ₄ Cu	Rot
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50	35			
		9,2						
Acondicionamiento	1					20	45	Y-2-R
Flotación	3					1 gota		
Acondicionamiento	2							Y-2 C
Flotación	2							
Estériles								Y-2-R

A. P.

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
Y-2-B	25,0	1,76	50,50	0,37	0,89	0,01	64,0	1,2
Y-2-C	49,9	3,52	1,70	13,90	0,06	0,49	4,0	59,7
Y-2-R	1340,0	94,72	0,46	0,34	0,44	0,32	32,0	39,1
Y-2-A	1414,9				1,39	0,82	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º Y - 3

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	Co ₃ Sr	KOH	Et-X	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
Acondicionamiento	1	9,0			35	20		
Flotación	3					1 gota		
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							Y-3-B
Estériles	2							Y-3-C
								Y-3-R

A. P.

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
Y-3-B	24,7	1,74	52,30	0,57	0,91	0,01	65,5	1,2
Y-3-C	27,7	1,96	2,55	25,00	0,05	0,49	3,5	60,3
Y-3-R	1365,0	96,30	0,45	0,32	0,43	0,31	31,0	38,5
Y-3-A	1417,4				1,39	0,81	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º Y - 4

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CNNa	CO ₃ Ba	KOH	Et-X	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			50				
Acondicionamiento	1	9,1			95	20		
Flotación	3					1 gota		
Acondicionamiento	2						45	
Flotación	2							Y-4-B
Estériles								Y-4-C
								Y-4-R

A. P.

RESULTADOS Y BALANCES

Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
Y-4-B	29,3	2,06	45,50	0,66	0,94	0,01	67,0	1,2
Y-4-C	23,0	1,62	2,40	31,50	0,04	0,51	2,9	62,1
Y-4-R	1370,0	96,32	0,44	0,31	0,42	0,30	30,1	36,7
Y-4-A	1422,3				1,40	0,82	100,0	100,0

EXPERIENCIA N.º Y-5

MOLIENDA

Mineral: 1,5 kg Agua: 1 litro Tiempo: 20 minutos

FLOTACION

	Minutos	pH	CN ₂ Na	KOH	Et-X	A. P.	SO ₄ Cu	Rot.
Acondicionamiento	5		10					
Acondicionamiento	2			35				
		9,1						
Acondicionamiento	1				20	1 gota		
Flotación Pb	3							Y-5-B
Acondicionamiento	2						45	
Flotación Zn	2							Y-5-C
Estériles								Y-5-R

RESULTADOS Y BALANCES

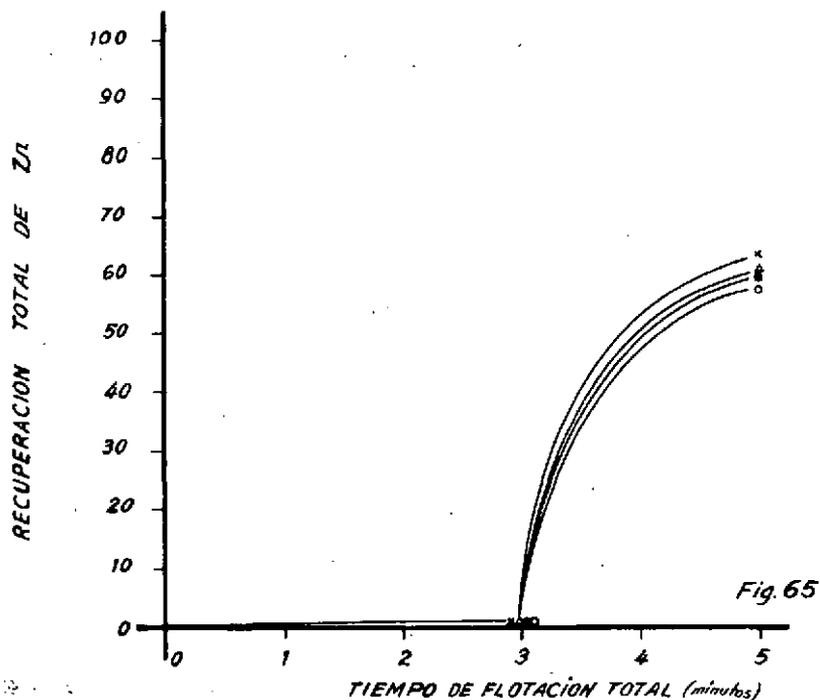
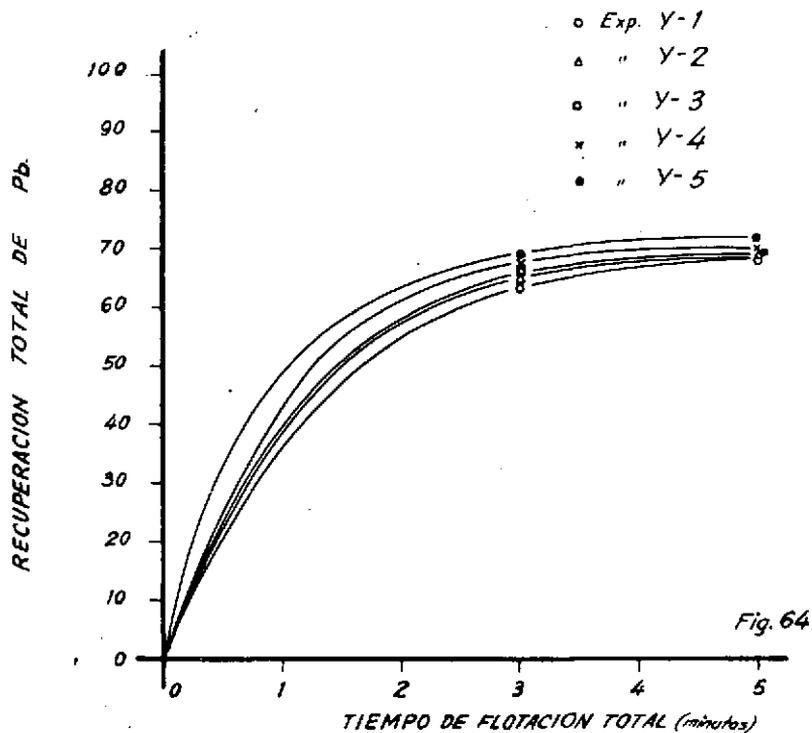
Muestra	Peso	Peso %	LEYES		METALES		RECUPERACION	
			Pb %	Zn %	Pb	Zn	Pb %	Zn %
Y-5-B	28,7	2,03	45,80	0,50	0,93	0,01	68,5	1,2
Y-5-C	24,4	1,73	2,30	28,40	0,04	0,49	3,2	59,0
Y-5-R	1360,0	96,24	0,40	0,34	0,39	0,33	28,3	39,8
Y-5-A	1413,1				1,36	0,83	100,0	100,0

CONSECUENCIAS DE LAS EXPERIENCIAS Y-1, Y-2, Y-3, Y-4, y Y-5

1.—La diferenciación plomo-cinc, es buena en todos los casos, y queda demostrado que está íntimamente relacionada con la presencia de iones OH⁻.

2.—Los valores de recuperaciones de plomo y de cinc, pueden considerarse semejantes en todos los ensayos de la serie.

3.—La presencia de los iones carbonato de los distintos elementos alcalino-térreos no parece ocasionar ningún efecto sobre el propio del hidróxido potásico.



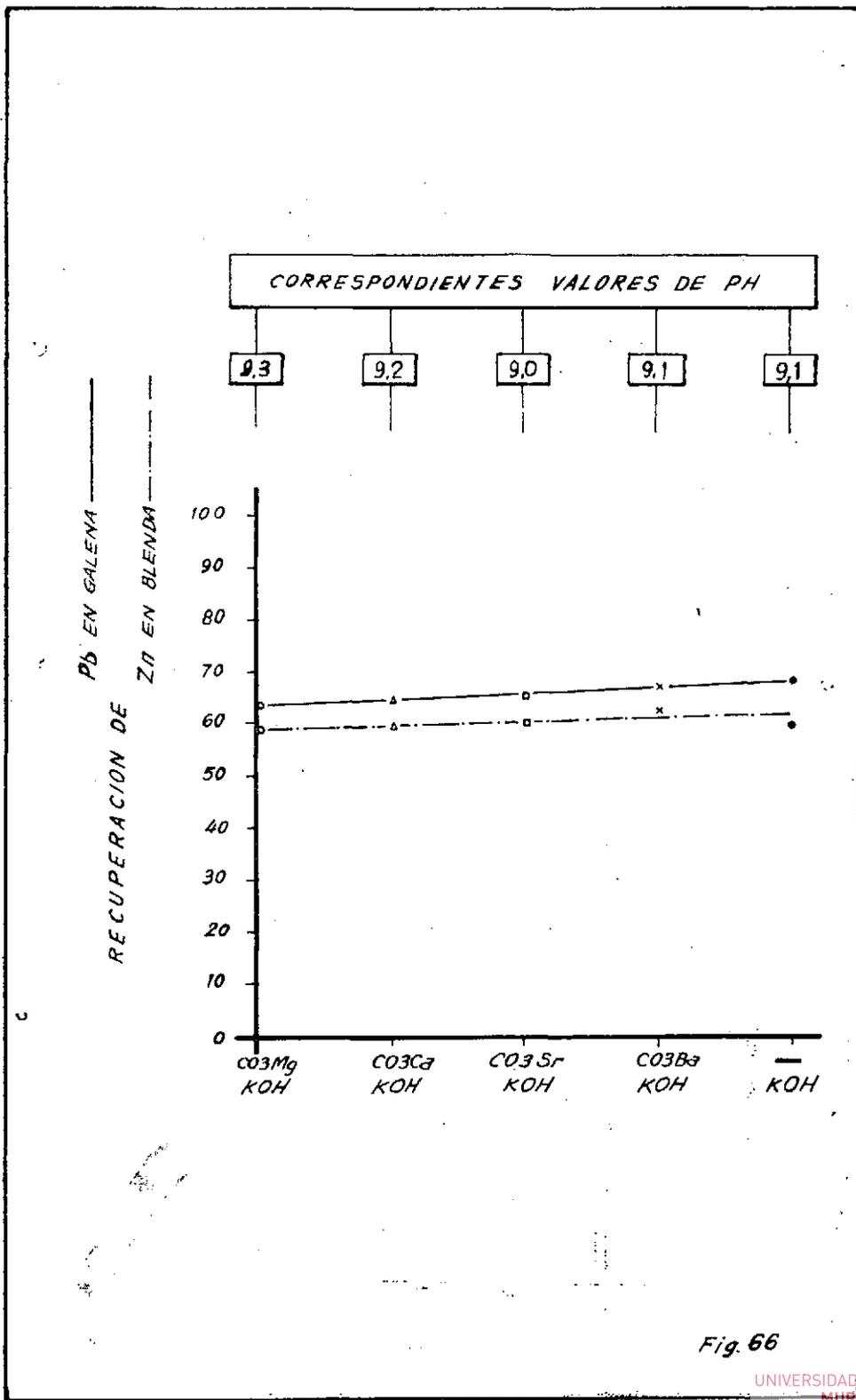


Fig. 66



VII.—CONCLUSIONES GENERALES

RESUMEN DE CONCLUSIONES GENERALES

1.—A igualdad de anión presentan comportamiento totalmente semejante, los iones magnesio, estroncio y bario.

2.—Las mejores condiciones de sustitución del calcio por los otros elementos son aquellos en que el pH conseguido sea igual al que se obtiene con el óxido de calcio.

3.—El aumento de pH, sin llegar al pH crítico, favorece la mejor recuperación del cinc y la diferenciación de galena-blenda.

4.—Los aniones sulfato y carbonato no modifican las condiciones de florabilidad.

5.—Los mejores agentes reguladores son los hidróxidos de magnesio, calcio, estroncio y bario. El uso de uno u otro depende, pues, de las condiciones económicas.

En las gráficas 67 a 73 se recogen los resúmenes de recuperaciones máximas de metales frente a los distintos compuestos alcalino-térreos con expresión de concentraciones y correspondientes pH.

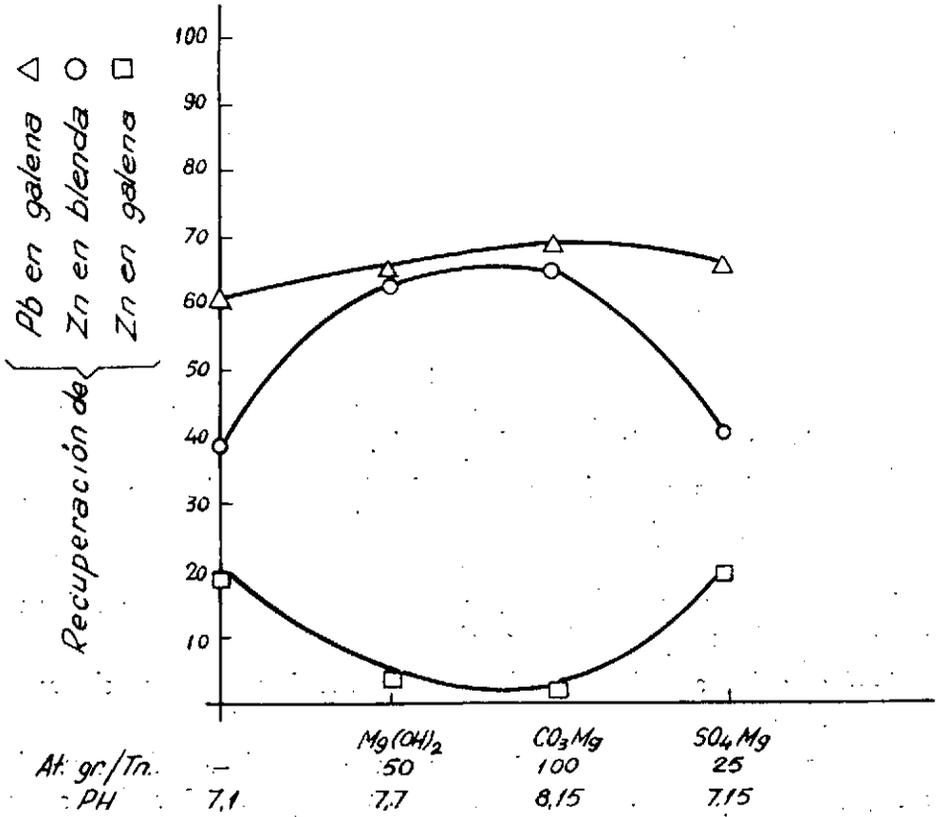


Fig. 67



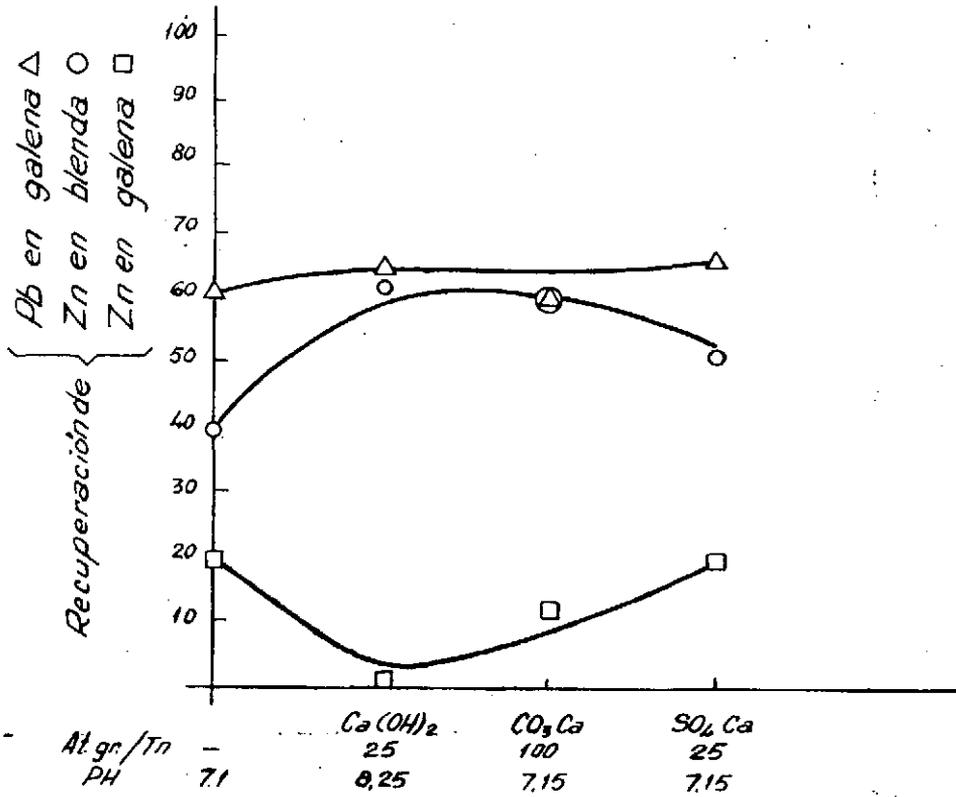


Fig. 68

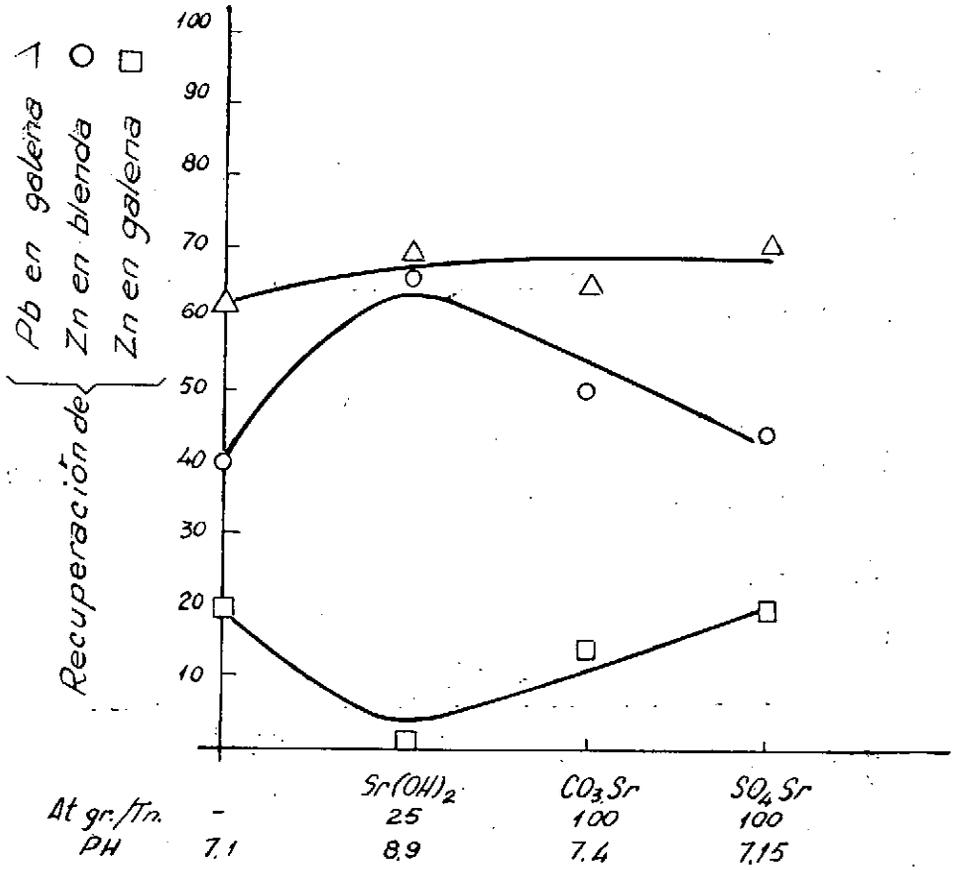


Fig. 69



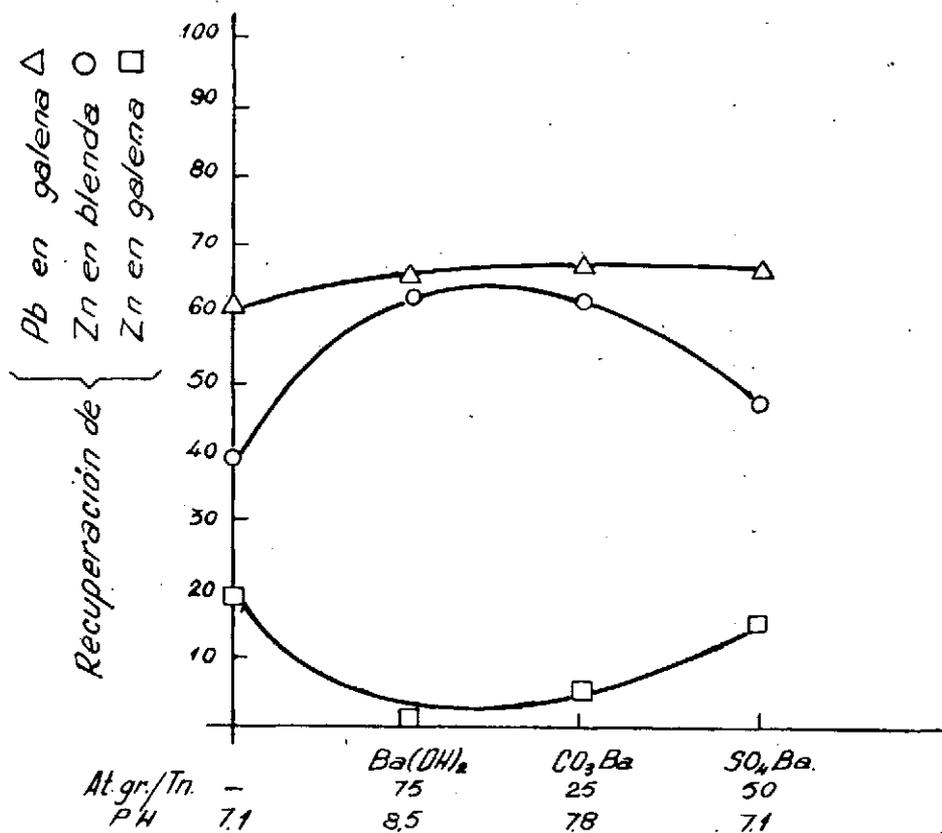


Fig. 70

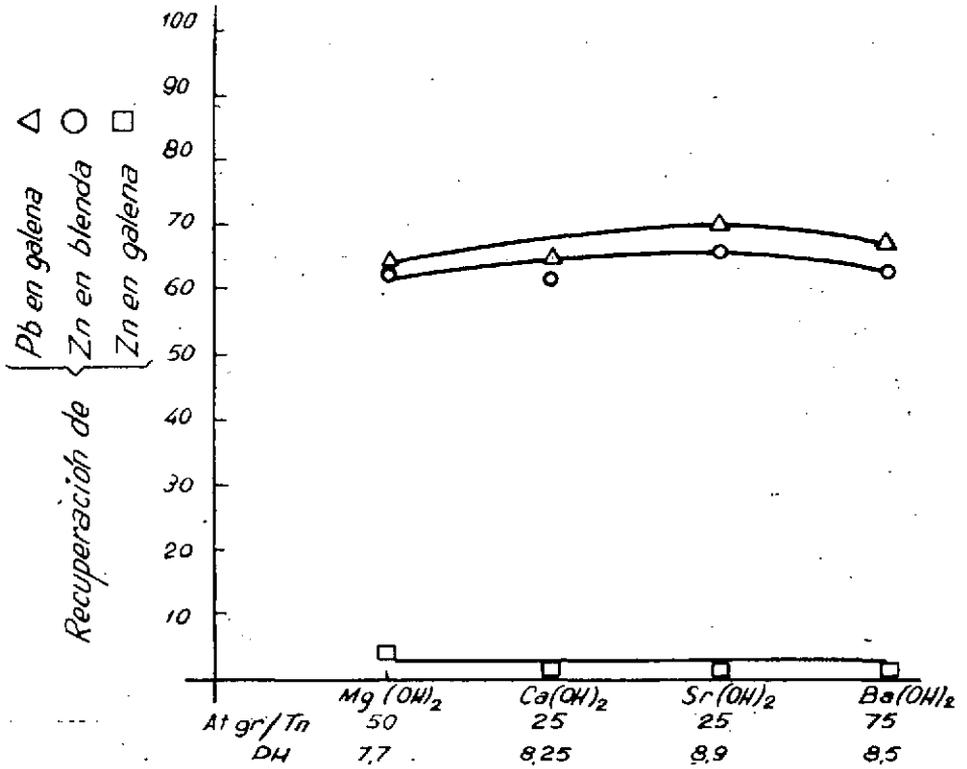


Fig. 71



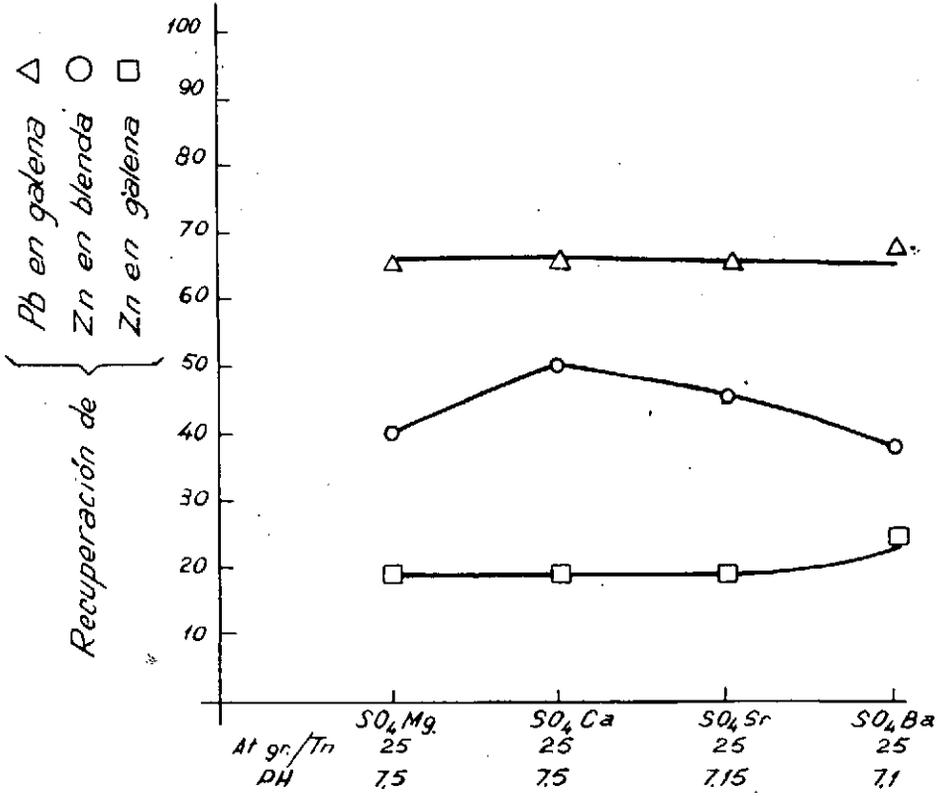


Fig. 72



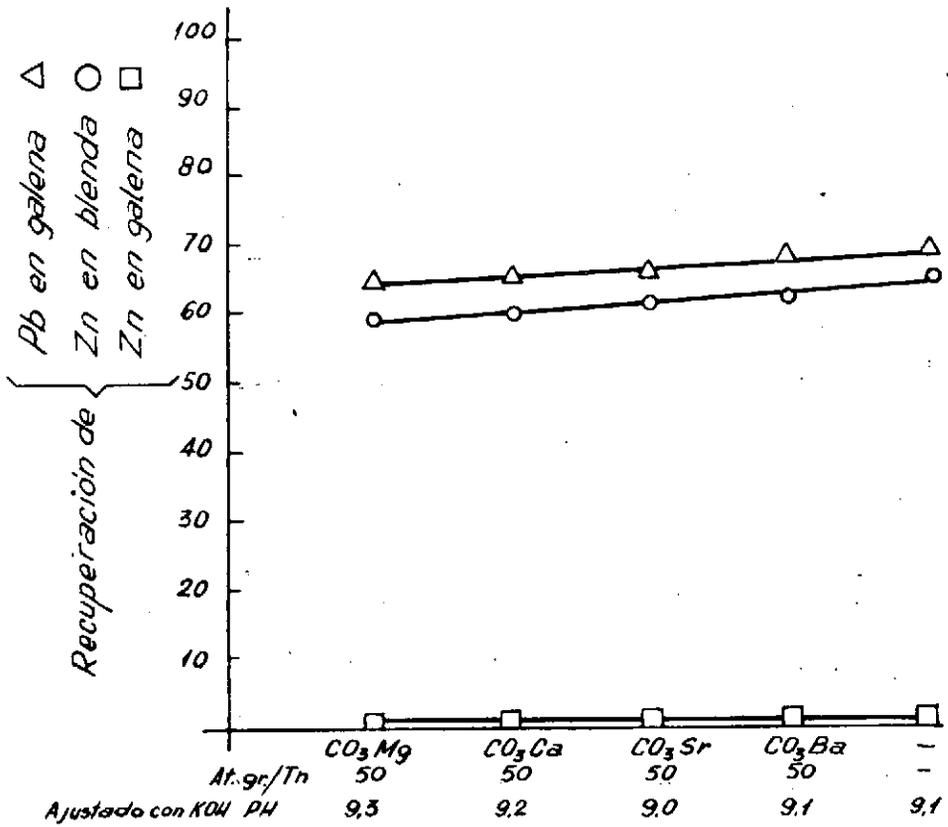


Fig. 73

VIII.—APENDICE ANALITICO

1.—Determinación de los componentes del mineral

En las páginas siguientes detallamos el análisis completo efectuado al mineral objeto de nuestro estudio, dando cuenta, esquemáticamente, del proceso químico seguido en la dosificación de cada componente. Así mismo, se expresan también los resultados obtenidos experimentalmente en cada determinación y se citan los trabajos de donde se han tomado los procedimientos seguidos.

A) SILICE.—(25).

- 1 g de muestra.
- 20 ml de HCl conc.
- 5 ml de HNO₃ conc.
- Evaporación a sequedad.
- 10 ml de HNO₃ conc.
- 20 ml de agua caliente
- Ebullición 10 minutos.
- Enfriar a 60° C.
- Adición de gelatina 1,5 % gota a gota.
- Diluir a doble volumen.
- Filtrar y lavar con HCl (1 + 9) caliente.
- Calcinar en crisol de platino suavemente.

(25) PROSKE, O y otros. «Análisis de Metales. Métodos de control Industrial». Pág. 815. Trad. española, Tomo II, Ed. Aguilar, Madrid, 1960.

- 3 Humedecer residuo con sulfúrico (1 + 4).
- Calcinar a unos 800° C.
- Pesar.
- 0,5 ml de sulfúrico (1 + 4).
- 10 ml de F_2H_2 .
- Evaporación hasta que aparecen humos blancos.
- 0,1 ml de sulfúrico (1 + 4).
- 5 ml de F_2H_2 .
- Evaporación a sequedad a 800° C.
- Pesar.

EXPRESION DE RESULTADOS EN LA DETERMINACION DE SILICE

	Muestra 1	Muestra 2
Peso vidrio con muestra	14.2136	13.9536
Peso vidrio vacío	13.2137	12.9440
Peso muestra	0,9999	1.0196
Peso crisol con residuo menos sílice	33.9845	22.2815
Peso de sílice	0,2673	0.2681
Porcentaje de sílice	26,73	26,70
Valor medio		26,72

B) ALUMINIO (26)

- 1 g de mineral.
- 10 ml de CHI conc.
- 5 ml de HNO_3 conc.
- Evaporación a sequedad.
- Diluir a 100 mls.
- Filtrar.
- 2 g de PO_4Na_3 .
- Neutralizar con NH_4OH ó CO_3Na_2 .
- (.) Redisolución con CHI , 1 ml en exceso.
- 20 ml de $AcOH$.
- Diluir a 300-400 ml con H_2O . Ebullición.
- 10 g de $S_2O_3Na_2$.
- Ebullición 20-30 minutos.
- (..) Filtrar y lavar con H_2O caliente.
- Disolver con poco HCl .

(26) SCOTT, W. W., «Standard Methods of Chemical Analysis», I, 52, D. Van Nostrand Company, Inc. N. Y. 5.ª Edic. 1956.



Neutralizar con NH_4OH .
 1 g de PO_4Na_3 .
 Repetir operación de (.) a (..).
 Calcinar el residuo filtrado.
 Pesar el residuo filtrado.

EXPRESION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DEL ALUMINIO EXISTENTE EN EL MINERAL

	Muestra 1	Muestra 2
Peso vidrio con muestra	14.9944	13.5083
Peso vidrio vacío	13.8450	12.4580
Peso de muestra	1.1494	1 0503
Peso crisol con Al_2O_3	33.8036	22.0853
Peso del crisol vacío	33.7015	21.9943
Peso de Al_2O_3	0.1021	0.0910
Porcentaje de Al_2O_3	8.88	8.66
Valor medio		8.77

C) HIERRO (27)

0,3 g de muestra.
 10 ml de HCl concentrado, caliente a $70-80^\circ\text{C}$.
 10 ml de H_2O .
 Filtrar.
 Residuo insoluble crisol de $\text{Pt} + \text{CO}_3\text{Na}_2 + \text{calor}$.
 Disolver en HCl diluido.
 Precipitar el hierro con NH_3 .
 Disolver el precipitado en HCl diluido.
 Reunir soluciones que contienen hierro.
 Concentrar hasta, aproximadamente, 25 ml.
 Cl_2Sn gota a gota en caliente, hasta decoloración.
 Cl_2Hg para oxidar el exceso de Sn^{2+} a Sn^{4+} .
 15 ml de $\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{PO}_4\text{H}_3$.
 3 gotas de difenilamina.
 Diluir a 150-200 ml.
 Valorar con $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ 0,1 N.
 Viraje: verde a azul violeta.

(27) Scott, W. W., «Standard Methods of Chemical Analysis», 1, 473. D. Van Nostrand Company, Inc. N. Y. 5.ª edic. 1956.



EXPRESION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE HIERRO EXISTENTE EN EL MINERAL CON DICROMATO POTASICO

	Muestra 1	Muestra 2
Peso vidrio con muestra	31.3899	29.5800
Peso, vidrio vacío	31.2132	29.2698
Peso muestra	0.3767	0.3102
ml $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ 0,1 N	21,3	17,5
Gramos de hierro	0.1190	0,098
Porcentaje de hierro	31,5	31,6
Valor medio		31,5

D) AZUFRE (28)

1.—*En estado de sulfuro*

Peso de muestra.

Aluminio 1 g.

100 ml HCl 1 : 1.

Hervir 20 min.

Pasar corriente de aire exento de S^{2-} .

Hacer pasar gases desprendidos en la reacción por tren de absorción con I_2 .

Valorar con $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$ N/10, el exceso de I_2 .

2.—*En estado de sulfato*

Aproximadamente, pesar 1 g muestra.

20 ml HCl concentrado.

Evaporación a sequedad:

10 ml HCl 1 : 1.

5 ml HNO_3 .

Hervir 10 min.

Precipitar con NH_3 .

Filtrar.

Decantar 10 veces.

Lavar.

Neutralizar con HCl y fenolftaleina.

(28) SCOTT, W. W., «Standard Methods of Chemical Analysis». I, 908-915. D. Van Nostrand Company, Inc. N. Y. 5.^a edic. 1956.



0,5 ml NCl en exceso.
 Adición gota a gota Cl_2 Ba 0,25 M.
 2 horas baño de maría.
 Filtrar.
 Calcinar.
 Pesar.

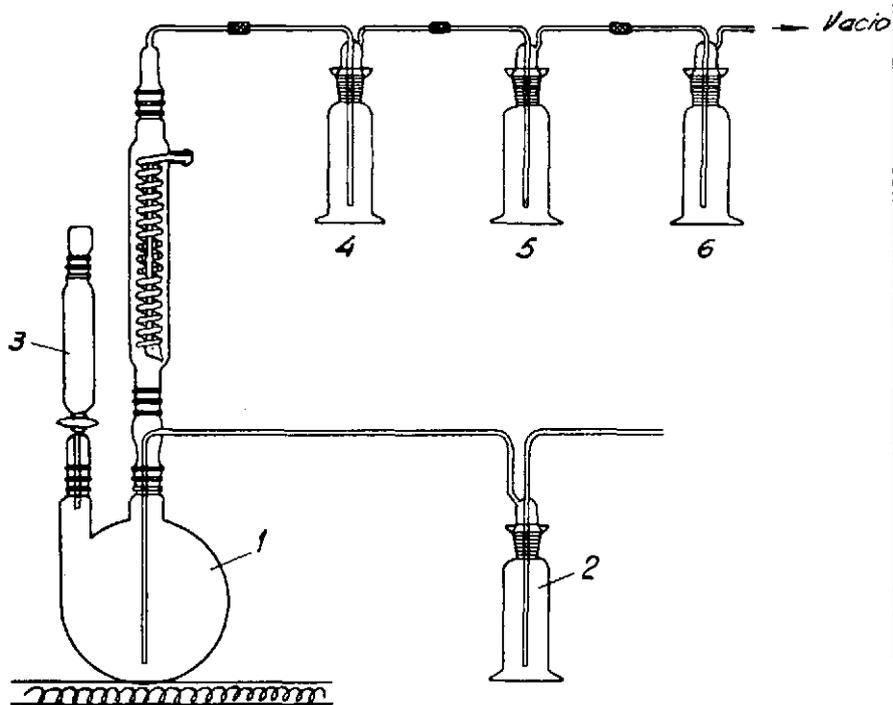
EXPRESION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DEL AZUFRE, EXISTENTE EN EL MINERAL, EN FORMA DE SULFURO

	<i>Muestra 1</i>	<i>Muestra 2</i>
Peso de muestra	2,0030	2,3123
mls de I_2 0,1 N en matraces 4 y 5	25	25
mls I_2 0,1 N en valorar el $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$ del matraz 6	9,75	9,65
mls de I_2 0,1 N total ($f=0,9939$)	34,54	34,41
mls de $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$ 0,1 N en matraz 6	10	10
mls de $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$ 0,1 N consumidas en valorar el I_2 de los matraces 4 y 5	15,38	14,32
mls de $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$ 0,1 N total ($f = 1,0039$)	25,48	24,20
mls de I_2 0,1 N consumido	9,06	10,20
Azufre en la muestra	$1,45 \times 10^{-2}$	$1,63 \times 10^{-2}$
Azufre %	0,73	0,75
Media	0,74	

EXPRESION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DEL AZUFRE EXISTENTE EN EL MINERAL, EN FORMA DE SULFATO

	<i>Muestra 1</i>	<i>Muestra 2</i>
Peso vidrio con muestra	13,4427	14,7588
Peso d vidrio vacío	12,4656	13,8416
Peso de muestra	0,9871	0,9172
Peso de crisol con SO_4Ba	11,6453	11,5611
Peso de crisol vacío	11,5170	11,4300
Peso de SO_4Ba	0,1283	0,1311
Porcentaje de SO_3	4,46	4,87
Valor medio	4,66	

*Aparato para determinación del azufre
en forma de sulfuro*



- 1 Matraz de reacción
- 2 Purificación de aire - 5 ml. I_2 0.1N
- 3 Embudo de adición HCl 1:1
- 4 Matraz de absorción 10 ml. I_2 0.1N
- 5 Matraz de absorción 15 ml. I_2 0.1N
- 6 Matraz de absorción 10 ml. $S_2O_3 Na_2$ 0.1N

Fig. 74

E) MANGANESO (29).

- 0,5 - 1,0 g de muestra.
 20 ml de HCl concentrado.
 Ebullición durante 10 minutos.
 Filtrar.
 Calcinar el residuo.
 $F_2H_2 + SO_4H_2$.
 Llevar a humos.
 Disolver residuo en HCl.
 Reunir soluciones de manganeso.
 5 - 10 ml de SO_4H_2 .
 20 ml de HNO_3 .
 Llevar a humos.
 50 ml de H_2O .
 Calentar para disolver sales.
 Filtrar si es necesario.
 5 - 10 ml de PO_4H_3 al filtrado. Mezclar.
 Solución prácticamente incolora.
 0,3 g de para-periodato potasio (o sódico).
 Ebullición durante 10 minutos.
 Aforar a 500 ó 1.000 ml.
 Leer transmisiones% o densidades ópticas a 525 m μ .

CURVAS PATRÓN PARA MANGANESO COMO PERMANGANATO

Como ya sabemos, el permanganato potásico no es sustancia tipo primario, por cuyo motivo, hemos tenido que preparar una disolución valorada (cuyos detalles se dan en el apartado de reactivos empleados) de la cual se hacen las correspondientes diluciones.

Partimos, pues, de una disolución 0,1 N de MnO_4K de factor 0,8125, y se hacen las siguientes diluciones:

10 ml de disolución 0,1 N se llevan a 1.000 ml (disolución B).

50 ml de disolución B se llevan a 500 ml (disolución Standard), de esta forma tenemos que la llamada disolución Standard es 10^{-4} N, factor 0,8125. Por tanto:

$10^{-3} \cdot 10^{-4} \cdot 0,8125 \cdot 31,605 = 2,56 \cdot 10^{-6}$ g MnO_4K /ml de donde pasamos a

$2,56 \cdot 10^{-3} \cdot 55/158 = 0,8935 \cdot 10^{-6}$ g Mn/ml.

(29) SANDELL, E. B., «Colorimetric Determination of Traces of metals», 315-316. Interscience Publishers, Inc. N. Y. 1944.



	1	2	3	4	5
Ml de MnO_4K standard	2	5	10	20	25
mgr Mn $\times 10^{-3}/m$	1,78	4,46	8,92	17,85	22,31
Volumen aforado	100	100	100	100	100
% de transmisión	87	70,5	49,5	26,5	21,5
Dens. ópt. $\times 10$	0,605	1.518	3.054	5,77	6,68

EXPRESION DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DEL MANGANESO EXISTENTE EN EL MINERAL

	<i>Muestra 1</i>	<i>Muestra 2</i>
Peso del vidrio con muestra	13.6515	13.6116
Peso del vidrio vacío	12.9445	12.9418
Peso de muestra	0,7170	0,6658
Volumen aforado mls	1.000	1.000
% de transmisión	55	59
Densidades ópticas $\times 10$	2,596	2,291
g Mn/ml $\times 10^{-6}$	7,6	6,75
g de Mn en muestra	76×10^{-3}	$6,75 \times 10^{-3}$
% de Mn	1,07	1,03
Valor medio:	1,05	

F) COBRE - CADMIO - CINC (30)

Determinación polarográfica:

1 g de muestra.

10 ml de HCl concentrado.

5 ml de HNO_3 concentrado.

1 ml de H_2SO_4 .

Evaporación a sequedad.

Transferir a matraz aforado de 50 ml con 20-25 ml de agua.

20 ml de NH_3 concentrado.

0,5 ml de gelatina 1 %.

Enrasar y agitar.

Se puede usar una pequeña cantidad de sulfito sódico para eliminar el oxígeno disuelto.

Cu medido a $-0,2$ y $0,5$ volt.

Cd medido a $-0,7$ volt.

Zn medido a $-1,4$ volt.

(30) KOLTHOFF, I. M. y LINGANE, J. J., «Polarography», II, 603.—Interscience Publishers New York, 2.^a edic. 1952.



GRAFICA PATRON PARA DETERMINACION COLORIMETRICA DE MANGANESO
segun E.B. Sandell
525 m μ .

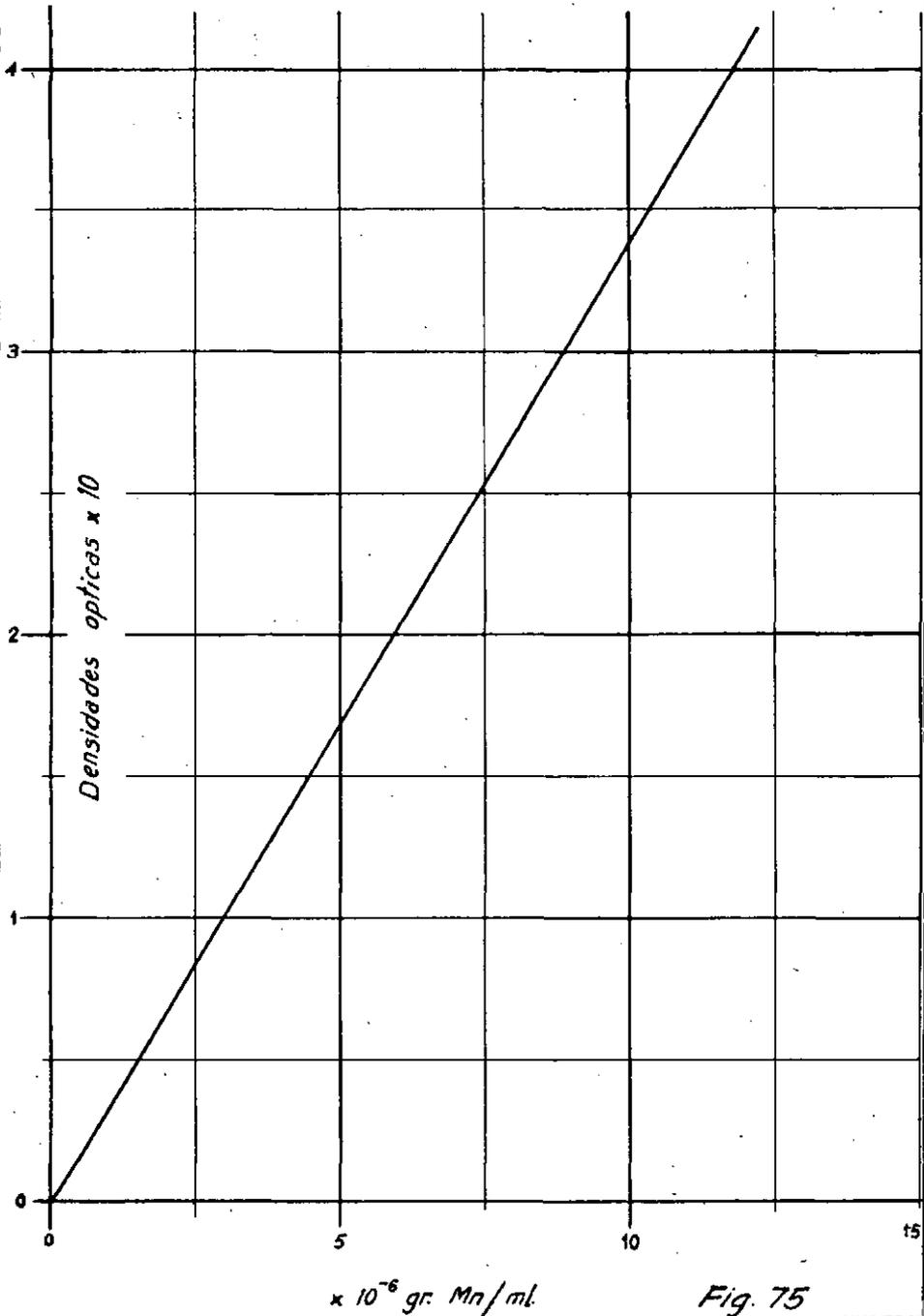


Fig. 75



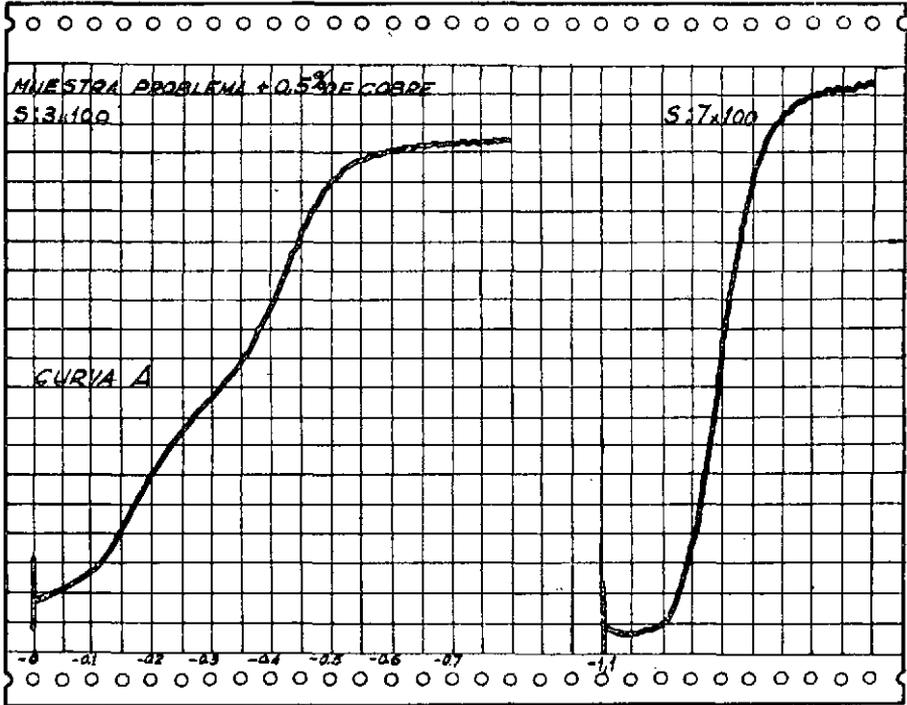


Fig 76

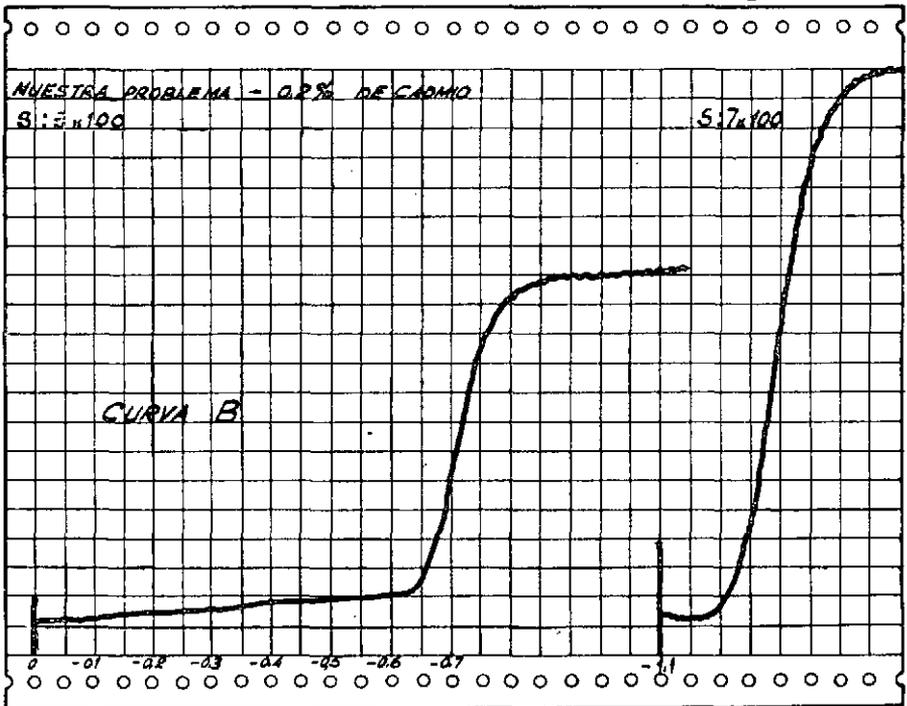


Fig 77



INTERPRETACIONES DE LOS POLAROGRAMAS DE LAS FIGS. 76 Y 77

Al comparar las curvas A y B podemos deducir los siguientes puntos:

1.—La diferencia entre las alturas de onda de A y B en el rango de $-0,1$ a $-0,6$ v corresponde, en el caso de la curva A, a la adición de $0,005$ g de Cu que en forma de disolución de SO_4Cu se añadió a la muestra antes de iniciar el ataque.

Por tanto, podemos decir que el mineral no contiene cobre.

2.—La comparación de las alturas de onda de $-0,6$ a $-1,0$ nos muestra la presencia de cadmio, tan sólo en el caso B, que es precisamente donde hemos añadido $0,002$ g de Cd en forma de sulfato de cadmio.

3.—Si observamos los polarogramas A y B. a partir de $-1,1$ v, podemos comprobar la reproducibilidad del resultado en el caso del Zn, que no ha sido alterado por ninguna adición de reactivo.

G) PÉRDIDA POR CALCINACIÓN A $850^\circ - 1.000^\circ \text{C}$

	<i>Muestra 1</i>	<i>Muestra 2</i>
Peso crisol con muestra	35,4483	23,2980
Peso crisol vacío	33,7015	21,9942
Peso de muestra	1,7468	1,3038
Peso después calcinación	35,2736	23,1674
Pérdida de peso	0,1747	0,1306
Porcentaje pérdida de peso	10,00	10,02
Valor medio		10,01

H) DETERMINACIÓN DE SODIO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO EXISTENTES EN EL MINERAL

Preparación de la muestra para su análisis.

10 g de muestra.

ClH conc.

NO_3H conc.

Evaporación a sequedad.

10 ml de F_2H_2 .

20 ml de ClH 1 : 1.

Ebullición.

Aforar a 1.000 ml.

Determinación por fotometría de llama según (34).

RESULTADOS:

Sodio	0,83	g/100 g mineral
Potasio	0,21	» » »
Magnesio	1,53	» » »
Calcio	0,64	» » »

I) PLOMO Y CINC (22) (23)

Se ha seguido la técnica polarográfica elegida para estériles, ya que los contenidos de plomo y cinc, son lo suficientemente bajos.

El esquema de tratamiento de las muestras se dá más adelante.

RESULTADOS

	Altura de onda mm	%
Plomo	113,5	1,42
Cinc	47,7	0,62

Se han tomado como curvas patrón las representadas en las figs. 8 y 9.

2.—Determinación de los componentes solubles en agua

Las sales solubilizadas en el tratamiento descrito en el apartado IV, c, se han determinado cuali y cuantitativamente según las técnicas que seguidamente se describen.

A) ANÁLISIS CUALITATIVO DE Fe^{2+}

Ensayo con dimetilgloxima: (30) y (31)

Se origina con Fe^{2+} un complejo^o de color rojo-rosa. El níquel da la misma reacción y la interfieren sodio, oro, platino e iridio.

Medio francamente alcalino desprovisto de agentes oxidantes.

TECNICA:

Se deposita en una cavidad de una placa de ensayos una gota de la sustancia a analizar, y se agita con varilla. Se añade entonces una gota de

(30) DUVAL, G., «Traité de Micro-Analyse Minérale», III, pág. 32. Presses Scientifiques Internationales. París, 1956.

(31) BURRIEL MARTY, F. y otros, «Química analítica cuantitativa», 2.ª edic., pág. 215. Paraninfo, 1957.

reactivo y una gota de amoníaco. En presencia de Fe^{2+} (o de níquel) se origina una coloración de rosa a roja.

RESULTADOS:

Ensayo en blanco realizado con sulfato ferroso	
0,01 % en Fe^{2+} , recién preparado	POSITIVO
Ensayo problema	NEGATIVO

B) ANÁLISIS CUALITATIVO DE Fe^{3+}

Ensayo con tiocianato potásico (32)

En medio ácido se produce color rojo intenso debido a la formación del complejo $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$.

TECNICA:

En una placa de gotas o tubo de ensayo añadir una o dos gotas de disolución SCNNH_4 saturada, a la solución, la cual, previamente, ha sido acidulada con ClH .

RESULTADOS:

Ensayo en blanco realizado con sulfato férrico	
0,01 % en Fe^{3+}	POSITIVO
Ensayo problema	TRAZAS

C) ANÁLISIS CUANTITATIVO DE Zn^{2+}

Ensayo con mercuritiocianato amónico y sulfato de cobre (33).

Se origina un precipitado cristalino mixto de $[(\text{CuZn}) \text{Hg} (\text{SCN})_4]^{2+}$ a diferencia del de cobre sólo que es verde oliva y del de Zn, incoloro.

TECNICA:

Se deposita en la cavidad de una placa de ensayos a la gota, una gota de la solución a analizar, ligeramente ácida, una gota de la solución de

(32) BURRIEL MARTI, F. y otros, «Química analítica cuantitativa», 2.ª edic., pág. 216. Paraninfo, 1957.

(33) DUVAL, C., «Traité de Micro-Analyse Minérale». Presses Scientifiques Internationales. Paris, 1956, pág. 418.

cobre y una gota de tiocianato de mercurio II. En presencia de cinc, aparece un precipitado violeta más o menos negro. Plata, cobre y cobalto, aunque no impiden la reacción, disminuyen la sensibilidad.

RESULTADOS:

Ensayo en blanco realizado con disolución	
0,01 % de Cl_2Zr	POSITIVO
Ensayo problema	NEGATIVO

D) DETERMINACIONES DE Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} SOLUBLES (34)

Se han efectuado por fotometría de llama con un espectrofotómetro Bechman DU modelo G. 2.400 en las siguientes longitudes de onda:

Sodio	589 $\text{m}\mu$
Potasio	766 $\text{m}\mu$
Calcio	622 $\text{m}\mu$
Magnesio	285 $\text{m}\mu$

EXPRESION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS DETERMINACIONES DE Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} SOLUBLES

Na^+	0,0175 g/100 g mineral
K^+	— » » »
Ca^{2+}	0,0060 » » »
Mg^{2+}	0,0040 » » »

E) DETERMINACIÓN DE CLORUROS SOLUBLES (35)

200 ml de muestra.
 2 ml de NO_3H concentrado.
 Adición de NO_3 lentamente.
 Dejar sedimentar.
 Filtrar por crisol placa porosa.
 Lavar con ácido nítrico.
 Desecar a 100-100° C.
 Pesar.

(34) Beckman Instruments. Instruction Manual Bulletin, 334-A. Marzo, 1957, pág. 14.

(35) WILLARD, H. H. y FURMAN, H. H., «Análisis Químico Cuantitativo». Trad. española Pág. 350, Marín. Barcelona, 1945.

EXPRESION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE CLORUROS SOLUBLES

	<i>Muestra 1</i>	<i>Muestra 2</i>
ml de muestra	200	200
Peso crisol + ClAg	14,0616	15,3761
Peso crisol vacío	14,0013	15,3152
Peso ClAg	0,0603	0,0609
Valor medio	0,0606	
gr Cl ⁻ /100 g mineral	0,0150	

F) DETERMINACIÓN DE SULFATOS (36)

200 ml de muestra.
 Acidular con ácido clorhídrico.
 Evaporar a mitad de volumen.
 Diluir a 300 ml
 Ebullición.
 Acidular con ácido clorhídrico.
 Adición de Cl₂Ba gota a gota.
 Baño de maría, dos horas.
 Filtrar y lavar.
 Calcinar.
 Pesar.

EXPRESION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE SULFATOS SOLUBLES

	<i>Muestra 1</i>	<i>Muestra 2</i>
ml de muestra	200	200
Peso crisol + SO ₄ Ba —	33,7963	22,0804
Peso cristal vacío	33,7078	21,9905
Peso SO ₄ Ba	0,0895	0,0899
Valor medio SO ₄ Ba	0,0897	
g SO ₄ ²⁻ /100 g mineral	0,0455	

(36) WILLARD, H. H. y FURMAN, N. H., «Análisis Químico Cuantitativo». Trad. española. pág. 355. Marín. Barcelona, 1945.

3.—Polarografía de plomo y cinc

A.—ELECCIÓN DE LA TÉCNICA POLAROGRÁFICA

a) *Condiciones de cada determinación. Rango de concentraciones*
El control del proceso de flotación lo realizamos por las cantidades de metales que se han distribuido en los concentrados y en el estéril de cada experiencia.

Así, pues, por esta razón, en cada una de las muestras obtenidas en flotación, deben ser determinados *cuantitativamente* el plomo y el cinc. Dado el elevado número de productos obtenidos, una condición que deberá cumplir el método analítica que elijamos, es la RAPIDEZ. Pero esta rapidez no debe excluir, de ningún modo, la PRECISIÓN Y SEGURIDAD, ya que en todo momento se deben obtener valores reproducibles.

Tenemos, por tanto, que buscar entre los métodos analíticos para plomo y para cinc, y seleccionar el más conveniente. Para esta selección, además de las condiciones indicadas anteriormente de precisión, rapidez y seguridad, se debe tener presente la gama de concentraciones de los citados metales que deseamos analizar. Veamos, por ejemplo, el caso del plomo: Partimos de un producto, cuyo contenido en plomo es 1,40 %: mediante un proceso de flotación normal, vamos a extraer un concentrado, cuya recuperación en plomo puede estar comprendida entre 50 y 80 % del inicial. Esto hace que nos quede una fracción estéril, cuyo contenido de plomo sería 0,15 - 0,70 %.

Este plomo pasa al concentrado de galena, que, normalmente, designaremos con la letra B, y según el valor del «rendimiento peso», puede adquirir valores de 20-50 % en plomo (entendemos por «rendimiento peso» el porcentaje que representa el peso de una de las fracciones separadas en el proceso de flotación, frente al peso total del producto empleado en dicha operación y que llamamos ALIMENTACIÓN), y si ahora este concentrado B lo «relavamos» obtendremos valores entre 50-80 % de plomo. (La operación de «relavado» consiste en volver a flotar un concentrado. en este caso el de galena, con objeto de obtener el compuesto metálico, motivo de nuestro interés, con una mayor concentración). A la vez, el cinc también ha sufrido una distribución semejante en las distintas fracciones de flotación.

En el cuadro siguiente podemos encontrar los valores entre los que oscilarán los porcentajes de plomo y cinc, que tenemos necesidad de determinar.

	Pb %	Zn %
Alimentación	1,40	0,70
Conc. - B	20-50	1-5
Conc. - B «relavados»	50-80	1-3
Conc. - C	1-5	15-35
Conc. - C «relavados»	1-2	35-60
Estériles	0,15 - 0,75	0,15 - 0,75

b) *Métodos analíticos consultados.*—Una vez establecidos los porcentajes de metales que deseamos determinar, así como las condiciones de seguridad, rapidez y precisión que exigimos, pasamos al estudio de las técnicas analíticas correspondientes.

En busca de datos que pueda orientarnos sobre esta cuestión hemos consultado todas las publicaciones del «Chemical Abstracts» desde el año 1950. Todos los métodos analíticos en ella descritos se encuentran magníficamente resumidos en la obra de Duval (37) (38).

c) *Elección de la técnica empleada.*—En el estudio de las técnicas descritas en b, observamos que los métodos más generalizados, por el número de trabajos efectuados en torno a ellos, son los volumétricos, con molibdato amónico para el plomo y ferrocianuro potásico, para el cinc, y dentro de las posibilidades de cada uno, los indicadores externos son los que han alcanzado mayor difusión, en nuestra cuenca minera.

Ambos métodos tienen inconvenientes comunes; que señalamos a continuación:

1' Es necesario efectuar una pesada para el plomo y otra para el cinc, ya que aprovechar el líquido residual de la precipitación del plomo ocasiona más trastornos, y pérdidas de tiempo, que realizar la correspondiente pesada, para la determinación por separado.

2' Según el porcentaje previsible de plomo o cinc; la pesada de la muestra estará comprendida entre 0,5 y 5 g con mayor gasto de tiempo y reactivos en su ataque, para disolución de metales.

3' Los ensayos a la gota requieren gran práctica y memoria visual, para lograr siempre el mismo punto de equivalencia.

4' La gota que se saca para producir la coloración ya no se vuelve a incorporar a la disolución que se está valorando, y si se efectúan numerosos toques, puede afectarnos al volumen total con el correspondiente error que ello produce.

(37) DUVAL, C., «Traité de Micro-Analyse Minérale», III, 401-446. Presses Scientifiques Internationales. París, 1956.

(38) DUVAL, C., «Traité de Micro-Analyse Minérale», IV, 271-308. Presses Scientifiques Internationales. París, 1957.

5' Estas volumetrías son excesivamente lentas y laboriosas, no sólo en la preparación de la muestra con separación de otros cationes, sino también la misma valoración.

6' Los contenidos muy pequeños en plomo, en algunas modificaciones del método, están en el límite del producto de solubilidad del molibdato de plomo, en presencia de acetato amónico, y por ello se obtienen resultados inferiores al real.

7' En el método del cinc los errores del blanco se aumentan por la pérdida de cinc adsorbido por los hidróxidos insolubles.

Estos hechos pueden hacernos decidir que si bien son métodos de seguridad y precisión aceptables, no ocurre igual respecto al tiempo empleado. Lo que nos hace descartar las técnicas volumétricas del molibdato amónico y ferrocianuro potásico, para nuestras determinaciones de plomo y cinc, respectivamente.

Los métodos complexométricos han superado, dentro de la volumetría, la mayor parte de los inconvenientes señalados anteriormente. El único inconveniente, en el caso de efectuar la determinación conjunta de plomo y cinc sobre una misma muestra, es ajustar el pH entre valores muy próximos, para poder observar el viraje del indicador con cierta claridad.

Entre los métodos colorimétricos no encontramos ninguno que se adapte a nuestras necesidades, pues si bien la determinación en sí es rápida, es necesario efectuar separaciones de elementos interferentes y en ningún caso es posible la determinación simultánea, sobre una misma muestra, y menos cuando los contenidos metálicos de plomo y cinc son muy dispares.

Nos quedan por juzgar las técnicas polarográficas, que no tienen los inconvenientes anteriormente citados, ya que para el análisis de plomo y cinc de una muestra nos basta con hacer una sola pesada, un ataque especial, pero semejante al de los demás métodos, una adición de reactivos convenientes para lograr la solución fondo, y posterior lectura en el polarógrafo.

Entre las ventajas de tipo general que ofrece el análisis polarográfico, hemos de señalar:

a) Repetición de polarogramas, cuantas veces sea preciso, pues cada determinación apenas consume muestra.

b) El análisis de control, el barrido de potencial es pequeño para un metal, del orden de 0,3 a 0,4 voltios, lo que hace muy rápida la determinación.

c) Se requiere una pequeña cantidad de muestra, con lo que el ataque de la misma, y consumo de reactivos, es inferior a otros métodos.

A la vista de estas consideraciones, creemos que el camino más con-

veniente para resolver nuestro problema de control analítico de los distintos productos obtenidos en la celda de flotación, es la adopción de las técnicas polarográficas.

d) *Sobre la polarografía de plomo y cinc en el mineral.*—Antes de iniciar nuestro trabajo experimental analítico hemos consultado varias obras sobre polarografía para informarnos adecuadamente (39), (40), (41).

Tras esta información, vamos a elegir el método de trabajo a seguir; para ello, hemos de tener muy en cuenta, no sólo ya la amplia gama de concentraciones señaladas en el cuadro indicado anteriormente, sino también la concentración de los demás elementos derivados de la composición del mineral.

Nuestro ideal sería disponer de un método de ataque único, que nos permita el análisis de todas las muestras con distintos contenidos en metales, plomo y cinc, en las mismas condiciones operatorias.

Para ello nos encontramos con dos dificultades diferentes: la primera consiste en la necesidad de un tratamiento energético, a base de ClH , NO_3H y SO_3H_2 , para conseguir atacar los concentrados que al ser flotados son lógicamente enriquecidos en metales plomo y cinc, y la fracción residual, no flotada (estériles), además de quedar muy pobre en metales, es a la vez notablemente enriquecida en hierro, que ya era abundante en la entrada, lo que determina la adopción de un método que elimine la interferencia producida por el hierro, cuando se encuentra en grandes cantidades.

Estos hechos nos llevan a adoptar dos métodos de ataque y disolución de la mezcla. Uno, para concentrados de plomo, energético con formación de sulfato de plomo y otro, menos energético, para estériles y concentrados de cinc, en el que luego habrá que reducir el hierro férrico a ferroso en cuyo estado no perturba las determinaciones del plomo y del cinc.

B. MÉTODO PARA CONCENTRADOS DE PLOMO

Agradecemos la comunicación privada de nuestro compañero Díaz-Andreu, técnico, actualmente al servicio de REPESA, sobre el fundamento y práctica de este método, que está basado en un ataque energético de las mezclas complejas de sulfuros minerales con formación de sulfato de plomo, y disolución de éste en un disolvente apropiado que ha de cumplir la condición de ser apto para solución fondo en polarografía.

(39) ARÉVALO, A., «Fundamento y posibilidades de la polarografía. La Laguna, 1955.

(40) ALMACRO, V., «Análisis polarográfico. Generalidades sobre el método. Química e Industrias». Vol. 7, n.º 6-11, 1960. Técnicas y Procedimiento. Química e Indust. 52-58-1960 Vol. 7, n.º 2.

(41) KOLTHOFF, I. M. y LINGANE, J. J., «Polarography». Interscience Publishers, Nueva York, 2.ª edic. 1952.

El disolvente elegido ha sido acetato amónico (AcNH_4) frente al SO_4H_2 y ClH , ya que éstos no son aptos para disolución fondo.

Así, pues, el método detallado, que hemos seguido para concentrados de plomo es el siguiente:

0,5 g de muestra.

20 ml de HCl 1 : 1.

Hervir 5-10 minutos.

3 ml de HNO_3 concentrado.

5 ml de H_2SO_4 concentrado.

Evaporación a sequedad.

Enfriar.

4 ml de HCl 1 : 1.

Calentar suave 2 minutos con agitación.

AcNH_4 al 30 % en cantidad suficiente para disolver el SO_4Pb .

40 ml de agua.

Calentar, agitando, 3 minutos.

Enfriar a temperatura ambiente.

Pasar a matraz aforado de 250 ml.

2,5 ml de gelatina 1 %.

Enrasar.

Agitar.

Polarografiar.

Potencial

Pb	-0,3	a	-0,7
Zn	-0,9	a	-1,2

C.—MÉTODOS PARA CONCENTRADOS DE CINC Y ESTÉRILES

Nos hemos referido anteriormente a la dificultad que supone tener que efectuar la determinación de metales plomo y cinc en proporción, aproximadamente, del 0,5 % cada uno, frente a un 30 % de hierro. Para lograr esto, hemos tenido que buscar un método en que ya estuviera prevista esta dificultad, pero que esta modificación no afectara a la determinación del cinc, hecho frecuente al reducir el hierro, si no se tienen en cuenta ciertos factores. Entre los consultados, el más adecuado a nuestras necesidades es el trabajo de Janina ZAREMBA (42), completado posteriormente por G. Odone y Picasso (43).

Ambos métodos se basan en reducir el hierro férrico a ferroso con clorhidrato de hidroxilamina, pero aquí el trabajo de Odone y Picasso

(42) ZAREMBA, J. *Chem. Anal.* 3, 845-8 (1958).

(43) Odone, G. y Picasso, G., *Chim. e Ind. (Milán)*, 42, 598-605 (1960).



es más complejo, en el sentido que nos indica las condiciones de acidez (pH no inferior a 4) regulada con acetato sódico, en que debe efectuarse la reducción del hierro, para que no se afecte la salida de la onda del cinc.

El camino seguido ha sido:

0,5 g de muestra.

20 ml de HCl 1 : 1.

Hervir 5-10 minutos para expulsar SH_2 .

3 ml de NO_3H concentrado.

Evaporación a sequedad.

5 ml de HCl 1 : 1.

Evaporación a sequedad.

5 ml de HCl 1 : 1.

10 ml AcNa 40 %.

10 ml de ClH . NH_2OH 20 %.

20 ml de ClK solución saturada.

1 ml de gelatina 1 %.

Aforar a 100 ml.

Polarografiar.

Potencial

Zn	-0,9 a -1,2
Pb	-0,3 a -0,7

D.—INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA DE LOS RESULTADOS

Las curvas corriente-potencial representadas en las gráficas de curvas patrón, se denominan ondas polarográficas siendo características de la misma el potencial de onda media $E_{1/2}$ propio para cada sustancia, y la altura de onda media o corriente de difusión, que es proporcional a la concentración.

El potencial de onda media se mide gráficamente sobre el polarograma, aprovechándose de la construcción para la medida de intensidad de corriente y viendo el potencial que corresponde para el valor medio de la corriente de difusión. Mayor precisión se logra si se representa $\log i/(i-d-i)$ frente a E y tomando el valor que corresponde $\log i/(i-d-i)=0$.

Este potencial de onda media debe ser medido respecto al electrodo de calomelanos saturado, siendo necesario efectuar las correspondientes correcciones para el electrodo de lecho de mercurio.

El método más preciso para la medición del potencial del electrodo consiste en emplear el método de oposición.

Sólo en el caso que la corriente de difusión y la corriente residual

sean paralelas, se puede tener la seguridad en el llamado método de tangentes para la medida de la altura de onda.

El mejor método para resolver este problema, en análisis, donde normalmente se usan técnicas comparativas, consiste en elegir, el mejor criterio posible, y seguirlo sistemáticamente en todos los casos.

Vamos a estudiar ahora qué métodos seguiremos para la traducción de alturas de onda a porcentajes de metal.

Los trabajos de ALMAGRO y ARÉVALO (19) y (20) nos señalan varios métodos:

- 1') Método de comparación.
- 2') Método de adición.
- 3') Método absoluto.
- 4') Método standard interno.

a) *Elección y ventajas del método de comparación.*—Dadas nuestras características especiales de rapidez y precisión, consideramos que el método de comparación es el más adecuado a nuestras necesidades. Este método consiste en comparar la altura de onda de la sustancia problema, con la de una concentración conocida de la misma sustancia. Para realizar esta comparación se tienen que mantener constantes las siguientes condiciones:

1'.—Composición del electrolito soporte, lo que nos ha obligado a descartar la comparación con muestras sintéticas producidas por nosotros, a base de mezclar reactivos. El descartar las muestras sintéticas ha sido porque nosotros las preparábamos a base de disoluciones de sales de plomo, cinc y hierro, y los resultados obtenidos por este patrón y otro formado por adición de metales a un peso de mineral han resultado ser distintos y consideramos que esta diferencia se debe a que el patrón sintético no posee la misma solución fondo, ya que el ataque y disolución del mineral origina una mezcla complicada de diversos iones. Por lo tanto, hemos tenido que adoptar el método comparativo, pero referido a patrones con base mineral, al que se ha añadido volúmenes conocidos de soluciones standard de plomo y cinc. La altura de onda correspondiente a esta adición se ha conocido al restar a la altura de onda de la solución patrón, la correspondiente al mismo peso de mineral, hecha en muestra aparte.

2'.—Características del electrodo de gotas. Radio del capilar. Altura de la columna de mercurio.

3'.—Temperatura.

4'.—Concentración del supresor de máximo, gelatina en nuestro caso.

b) *Disolución patrón.*—Nos hemos referido hasta ahora a una adi-

ción de patrones, con contenidos de plomo y cinc. Vamos a establecer, ahora, las cantidades precisas de cada disolución de sales de plomo y cinc, así como de su concentración, que es necesario añadir a cada serie de análisis para lo cual debemos tener en cuenta, que esta adición debe representarnos por lo menos un incremento del 50 % en la altura de onda del mineral base, con objeto de que el porcentaje equivalente a cada mm d altura sea un valor que no nos produzca grandes errores cuando sea multiplicado por la altura de onda de cada muestra.

En este estudio se tiene que tener en cuenta que, siempre hemos efectuado una pesada de 0,5000 g, con una precisión de $\pm 0,0001$ g.

A continuación se describen dos ejemplos de cálculo:

Supongamos que deseamos determinar los contenidos de una serie de muestras de concentrados de plomo, en ellas el plomo tiene un porcentaje alto en comparación a uno bajo del cinc. Por esto deseamos obtener un patrón que represente para el plomo el 30 % y para el Zn el 5 %.

En el caso del plomo:

$$\begin{array}{l} \text{Si en 100 g muestra hay 30 g de plomo} \\ \text{» » 0,5 » » » x » » » } \\ x = 0,15 \text{ g} \quad \text{Pb} = 150 \text{ mgr Pb} \end{array}$$

150 mgr de plomo están contenidos en 15 ml de disolución $(\text{NO}_3)_2\text{Pb}$ cuya concentración es: 10 mgr Pb/ml.

Si adicionamos 15 ml de esta disolución a una muestra duplicada, seguimos igual proceso de ataque y disolución que para las mezclas normales en los polarogramas correspondientes, se obtiene una diferencia de altura que corresponde, exactamente, a 30 % de Pb.

Si dividimos ahora este porcentaje, 30, por la diferencia de altura en mm tendremos el % que corresponde a cada mm de altura para los restantes polarogramas.

Para el cinc tendremos:

$$\begin{array}{l} \text{Si en 100 g muestra hay 5 g de Zn} \\ \text{» » 0,5 » » » x » » » } \\ x = 0,025 \text{ g} \quad \text{Zn} = 25 \text{ mgr Zn} \end{array}$$

25 mgr de Zn están contenidos en 25 ml de disolución $(\text{NO}_3)_2\text{Zn}$ cuya concentración es: 1 mgr Pb/ml.

Por tanto la adición de 25 ml de esta disolución representa el 5 % de Zn, referido a 0,5000 g de muestra, y corresponde a la diferencia de al-

tura de onda entre la muestra normal, y la que ha sido adicionada de la de solución de Zn.

c) *Preparación de disoluciones patrón*

Los nitratos de plomo y cinc, a partir de estas sales no pueden ser considerados como sustancias «tipo primario» por cuya razón no nos es posible preparar una disolución, aproximadamente de la concentración deseada, y ponerle un factor por gravimetría. Pero esto, además de no darnos un contenido exacto y previsto del metal por ml es más largo.

Por tanto hemos preferido seguir el método indicado por DUVAL (44), que consiste en realizar pesadas fijas, con precisión de 0,0001 g de hojas de plomo y polvo de cinc, de calidad R.A., cuyo contenido en metal es superior al 99,9 %, de 10 a 1 g que después de atacadas con NO_3H , R.A. 1 : 1 se afora, cada una, al volumen de 1 litro.

d) *Expresión de resultados*

Por la gran extensión que ocuparía la reseña de todos y cada uno de los polarogramas obtenidos, nos vemos obligados a reseñar en las siguientes tablas solamente los valores de altura de onda y los porcentajes calculados referidos al metal correspondiente.

En páginas siguientes se dan reproducciones exactas de los gráficos obtenidos en el polarógrafo para los patrones por el método de comparación, en ellos se señala la equivalencia entre mm y porcentajes de metales.

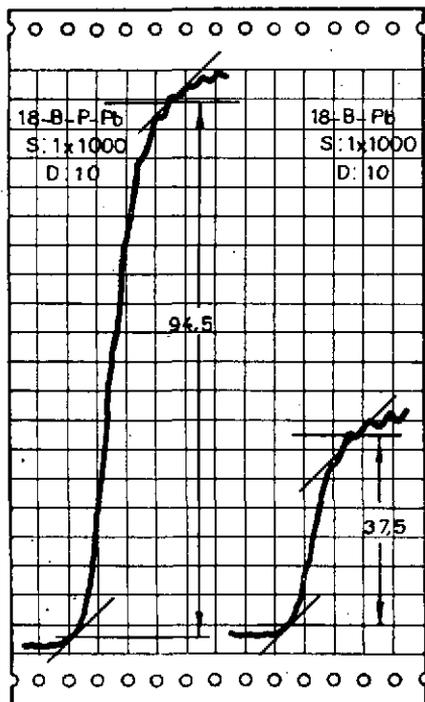
CUADRO RESUMEN DE LAS CANTIDADES DE DISOLUCIONES PATRON Y PORCENTAJES QUE REPRESENTAN, REFERIDOS A UN PESO DE 0,5000 GRAMOS DE MINERAL

Porcentaje de metal	0,5	2	5	10	20	40
mls $(\text{NO}_3)_2$ Pb 1 mgr/ml	2,5	10	25	50	(100)	(200)
mls $(\text{NO}_3)_2$ Pb 10 mgs/ml	(0,25)	(1)	2,5	5	10	20
mls $(\text{NO}_3)_2$ Zn 1 mgs/ml	2,5	10	25	50	(100)	(200)
mls $(\text{NO}_3)_2$ Zn 10 mgs/ml	(0,25)	(1)	2,5	5	10	20

(44) DUVAL, C., Ob. cit., III, pág. 405 y IV, pág. 276.

NOTA: Los valores entre paréntesis no se han empleado en ningún caso, por los errores derivados al realizar su medición.

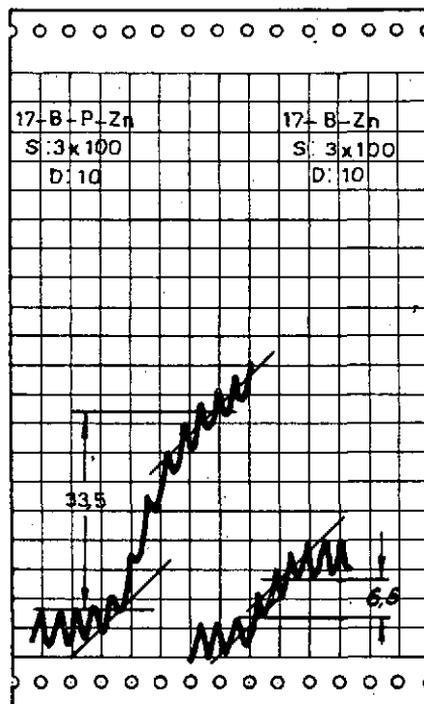
REPRODUCCION DE CURVAS PATRON OBTENIDAS
PARA CONCENTRADOS DE PLOMO



$91,5 - 32,5 = 59,0$ mm. que
corresponde al 40 % de Pb.

» Luego 1mm. equivale a 0,68 %
para toda la serie B-Pb.

Fig. 4

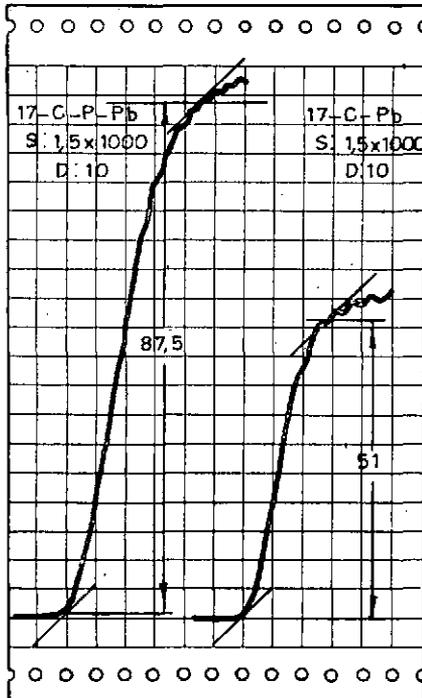


$33,5 - 6,5 = 27,0$ mm que
corresponden al 2 % de Zn.

Luego 1mm. equivale a 0,074 %
para toda la serie B-Zn

Fig. 5

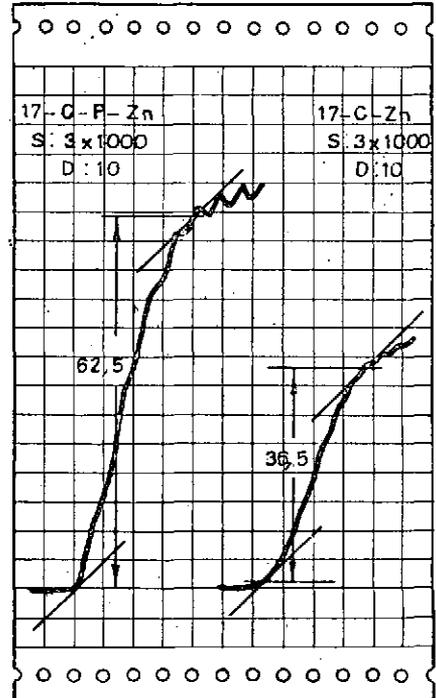
REPRODUCCION DE CURVAS PATRON OBTENIDAS
PARA CONCENTRADOS DE CINC



$87,5 - 51 = 36,5$ mm. que
corresponden al 2 % de Pb.

Luego 1mm equivale a 0,055 %
para toda la serie C-Pb.

Fig. 6

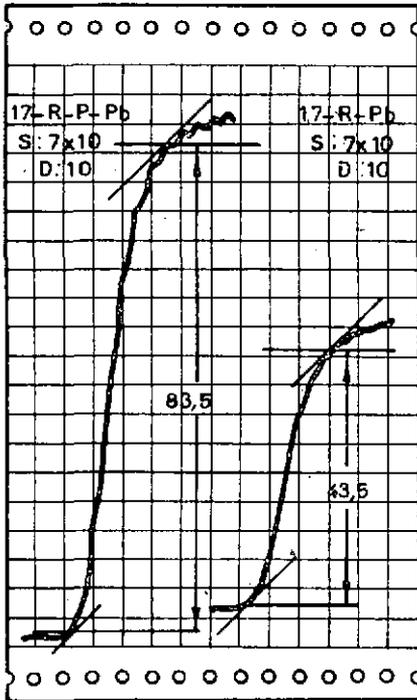


$62,5 - 36,5 = 26,0$ mm. que
corresponden al 20 % de Zn.

Luego 1mm equivale a 0,77 %
para toda la serie C-Zn

Fig. 7

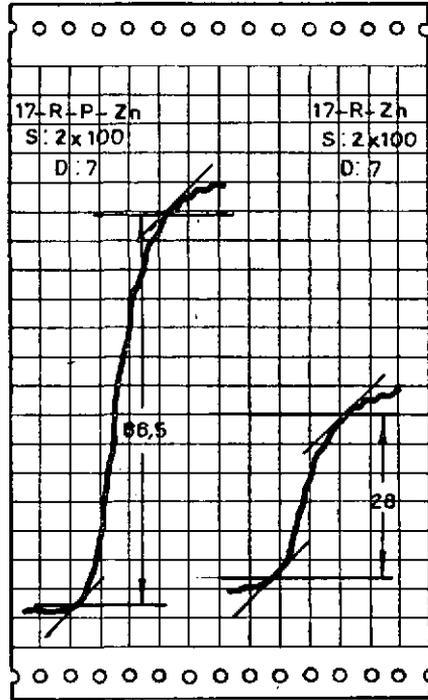
REPRODUCCION DE CURVAS PATRON OBTENIDAS
PARA ESTERILES



83,5 - 43,5 = 40 mm. que
corresponden al 0,5 % de Pb

Luego 1mm. equivale a 0,0125 %
para toda la serie R-Pb

Fig. 8



66,5 - 28 = 38,5 mm que
corresponden al 0,5 % de Zn

Luego 1mm. equivale a 0,0130 %
para toda la serie R-Zn

Fig. 9

TABLA EXPRESIVA DE RESULTADOS ANALITICOS

Experiencia número	PLOMO		CINC		PLOMO		CINC		PLOMO		CINC	
	Altura mm	%	Altura mm	%	Altura mm	%	Altura mm	%	Altura mm	%	Altura mm	%
A-1	52,5	36,60	21,1	1,56	31,7	1,76	22,0	19,90	56,0	0,76	53,2	0,69
A-2	50,5	34,30	22,3	1,65	46,80	2,60	24,2	18,60	44,0	0,55	23,1	0,30
A-3	44,0	29,90	52,0	3,86	34,40	1,91	22,90	17,60	41,5	0,52	20,8	0,27
C-1	71,0	48,30	1,77	13,10	21,60	1,19	9,25	7,10	49,5	0,62	33,9	0,44
C-2	53,75	36,50	62,80	4,65	52,5	2,92	20,90	16,10	49,5	0,62	30,0	0,39
C-3	51,25	34,90	26,40	1,95	39,6	2,20	30,2	23,20	45,0	0,56	36,9	0,35
C-4	51,50	35,00	8,25	0,61	38,6	2,20	26,80	20,60	46,5	0,58	26,9	0,35
C-5	50,75	34,50	6,75	0,50	50,5	2,80	28,75	22,10	46,5	0,58	27,7	0,36
E-1	73,50	50,00	5,4	0,40	37,80	2,10	33,20	25,50	59,2	0,74	32,3	0,42
E-2	59,75	40,60	8,4	0,62	42,00	2,34	31,80	24,50	50,5	0,63	23,8	0,31
E-3	61,00	41,50	15,7	1,16	34,7	1,93	32,90	25,30	41,5	0,52	24,8	0,31
E-4	53,50	36,30	23,9	1,77	26,3	1,46	27,30	21,00	39,2	0,49	21,6	0,28
E-5	52,00	35,40	31,4	2,32	39,2	2,18	26,20	20,20	40,0	0,50	22,3	0,29
F-1	57,25	38,90	6,3	0,47	36,0	2,00	29,20	22,40	43,2	0,54	24,6	0,32
F-2	54,5	37,00	7,0	0,52	36,0	2,00	29,20	22,20	38,4	0,48	21,5	0,28
F-3	60,25	40,90	7,0	0,52	43,20	2,40	31,40	24,20	44,0	0,55	24,6	0,32
H-1	50,0	34,00	50,0	3,70	55,80	3,10	45,0	34,60	36,0	0,45	17,7	0,23
H-2	58,0	39,40	20,3	1,50	75,50	4,20	54,0	41,50	33,6	0,42	22,3	0,29
H-3	72,0	49,0	17,5	1,30	50,5	2,80	50,0	38,50	39,2	0,49	26,2	0,34
H-4	57,75	39,20	12,15	0,90	34,2	1,90	50,5	38,80	33,6	0,42	27,7	0,36



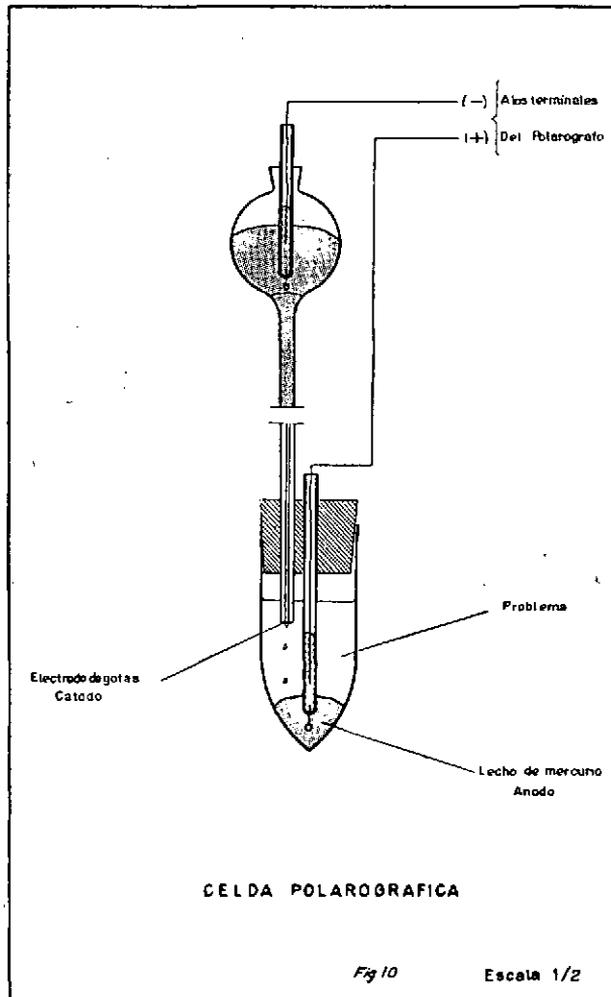
J-1	66,0	44,80		0,90	72,0	4,00	37,7	29,00	32,5	0,44	21,5	0,28
J-2	65,0	42,20	6,1	0,45	48,5	2,70	35,9	27,60	26,0	0,45	22,3	0,29
J-3	57,0	38,80	10,0	0,74	9,0	0,50	39,0	30,00	36,0	0,45	22,3	0,29
J-4	74,0	50,30	7,0	0,52	54,0	3,00	49,0	37,60	31,2	0,39	22,3	0,29
K-1	47,50	32,30	70,0	5,20	30,9	1,70	22,9	17,60	36,8	0,46	23,1	0,30
K-2	42,75	29,10	60,8	4,50	23,4	1,40	22,1	17,00	35,02	0,44	26,9	0,35
K-3	40,0	27,20	69,0	5,10	23,4	1,30	21,0	16,10	32,0	0,40	26,9	0,35
K-4	39,0	26,50	74,5	5,50	21,6	1,20	17,0	13,10	36,0	0,45	23,1	0,30
L-1	32,5	22,10	55,5	4,10	0,79	30,0	23,10	41,6	0,52	26,9	0,35	
L-2	48,0	32,60	6,08	0,45	55,0	3,05	35,0	26,90	37,6	0,47	25,4	0,33
L-3	51,75	35,30	5,50	0,48	51,7	2,87	36,6	28,10	43,2	0,54	26,9	0,35
L-4	37,40	25,40	6,08	0,45	0,59	35,0	0,59	26,90	40,0	0,50	25,4	0,33
L-5	47,00	32,00	5,0	0,37	61,0	3,38	21,4	16,50	42,6	0,52	23,8	0,31
L-6	19,0	12,90	5,0	0,37	25,8	1,43	23,5	18,10	44,8	0,56	22,3	0,29
M-1	55,5	37,8	71,50	5,30	79,2	4,40	29,4	22,60	37,6	0,47	26,2	0,34
M-2	52,5	35,70	54,0	4,00	80,0	4,45	33,8	26,00	37,6	0,47	24,6	0,32
M-3	45,0	30,60	47,20	3,50	83,8	4,65	32,0	24,60	37,6	0,47	22,3	0,29
M-4	42,0	28,60	43,20	3,20	94,5	5,25	37,5	28,80	39,2	0,49	20,0	0,26
N-1	45,8	31,20	74,5	5,50	75,0	4,16	35,0	26,90	35,2	0,44	19,2	0,25
N-2	41,20	28,60	58,0	4,30	40,5	2,25	32,7	26,10	36,8	0,46	18,5	0,24
N-3	40,80	27,80	77,6	5,75	52,2	2,90	24,0	18,40	34,4	0,43	16,2	0,21
N-4	37,90	25,80	84,5	6,25	52,2	2,90	25,0	19,20	35,2	0,44	19,2	0,25
O-1	54,70	37,20	64,6	3,30	72,0	4,00	37,0	28,40	36,0	0,45	24,6	0,32
O-2	48,50	33,00	33,8	2,50	59,5	3,30	31,0	23,81	37,6	0,47	23,1	0,30
O-3	48,00	32,60	35,20	2,60	70,2	3,90	32,2	24,80	40,0	0,50	23,1	0,30
O-4	39,20	26,70	46,0	3,40	25,2	1,40	24,6	18,90	41,6	0,52	26,2	0,34

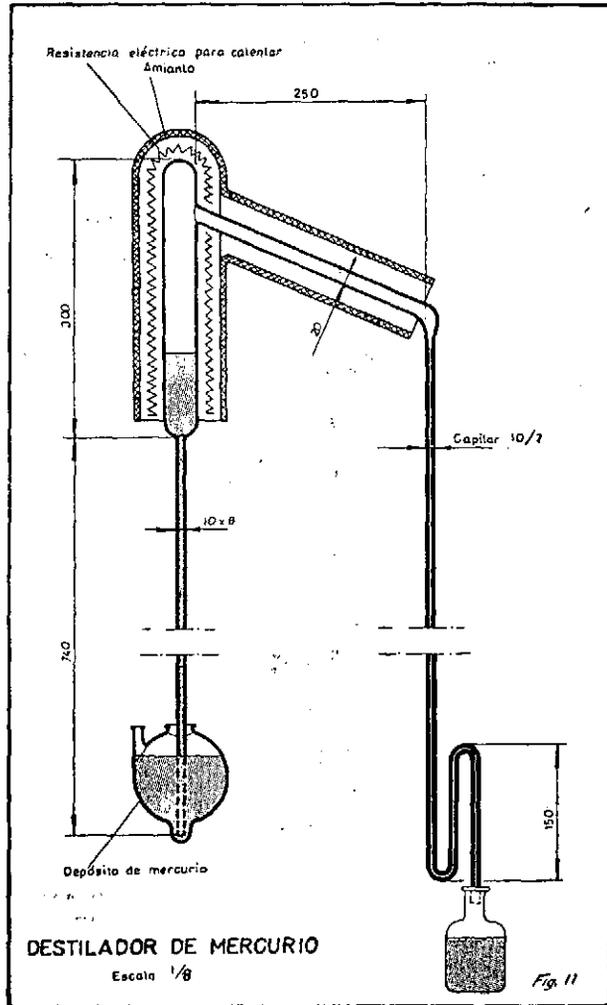
P-1	76,0	51,70	7,45	0,55	61,2	3,40	55,0	42,20	36,0	0,45	20,8	0,27
P-2	69,25	47,20	6,50	0,48	39,6	2,20	33,0	25,40	39,2	0,49	27,7	0,36
P-3	67,0	45,50	5,0	0,37	57,6	3,20	26,4	20,30	40,8	0,51	28,4	0,37
P-4	44,30	30,20	4,05	0,30	39,60	2,20	13,5	10,40	38,4	0,48	27,7	0,36
Q-1	56,0	38,10	71,5	5,30	32,4	1,80	37,7	28,70	31,2	0,39	24,8	0,31
Q-2	50,80	34,60	58,2	4,31	27,0	1,50	36,6	28,20	34,4	0,43	25,4	0,33
Q-3	51,00	34,70	69,0	5,10	37,8	2,10	29,9	23,00	39,2	0,49	23,8	0,31
Q-4	57,60	39,20	62,20	4,60	46,6	2,70	35,9	27,60	24,8	0,31	37,0	0,48
R-1	60,1	41,80	66,20	4,90	54,0	3,00	26,0	20,00	36,8	0,46	26,2	0,34
R-2	51,50	35,00	81,00	6,00	45,2	2,51	22,0	16,90	33,6	0,42	23,1	0,30
R-3	60,0	40,70	85,0	6,30	34,2	1,90	25,4	19,50	30,4	0,38	22,3	0,29
R-4	63,0	42,70	77,0	5,70	46,8	2,60	30,0	23,0	29,6	0,37	22,3	0,29
S-1	61,5	41,70	55,5	4,10	41,50	2,30	31,0	23,80	36,0	0,45	20,8	0,27
S-2	61,0	41,50	20,1	1,50	32,40	1,80	44,5	34,20	37,6	0,47	24,6	0,32
S-3	67,5	45,90	7,4	0,55	39,60	2,20	39,0	30,00	37,6	0,47	34,6	0,32
T-1	66,9	45,50	28,4	2,10	59,5	3,30	46,0	35,30	37,6	0,47	23,0	0,30
T-2	61,0	41,50	20,1	1,50	39,60	2,20	35,9	27,60	33,6	0,42	26,2	0,34
T-3	72,20	49,20	12,15	0,90	61,20	3,40	34,0	26,10	36,0	0,45	26,9	0,35
T-4	68,0	46,20	13,5	1,00	83,0	4,60	37,0	28,40	33,6	0,42	27,7	0,36
U-1	54,0	36,70	114,0	8,40	63,0	3,50	27,40	21,10	36,0	0,45	26,1	0,34
U-2	55,0	37,40	70,2	5,20	63,0	3,50	26,0	20,00	33,6	0,42	23,0	0,30
U-3	63,20	43,50	81,0	6,00	50,5	2,80	27,40	21,10	36,8	0,46	22,3	0,29
U-4	60,0	40,70	74,5	5,50	75,5	4,30	30,6	23,50	36,8	0,46	20,0	0,26
Y-1	72,0	49,00	5,0	0,37	63,0	3,5	30,0	23,00	37,6	0,47	38,4	0,37
Y-2	74,20	50,50	5,0	0,37	30,6	1,70	18,1	13,90	36,8	0,46	21,1	0,34
Y-3	77,00	52,30	7,7	0,57	46,0	2,55	32,50	25,00	36,0	0,45	24,6	0,32
Y-4	66,9	45,50	8,8	0,66	43,2	2,40	41,0	31,50	35,2	0,44	23,8	0,32
Y-5	67,5	45,80	6,75	0,50	41,4	2,30	37,0	28,40	32,0	0,40	26,1	0,34

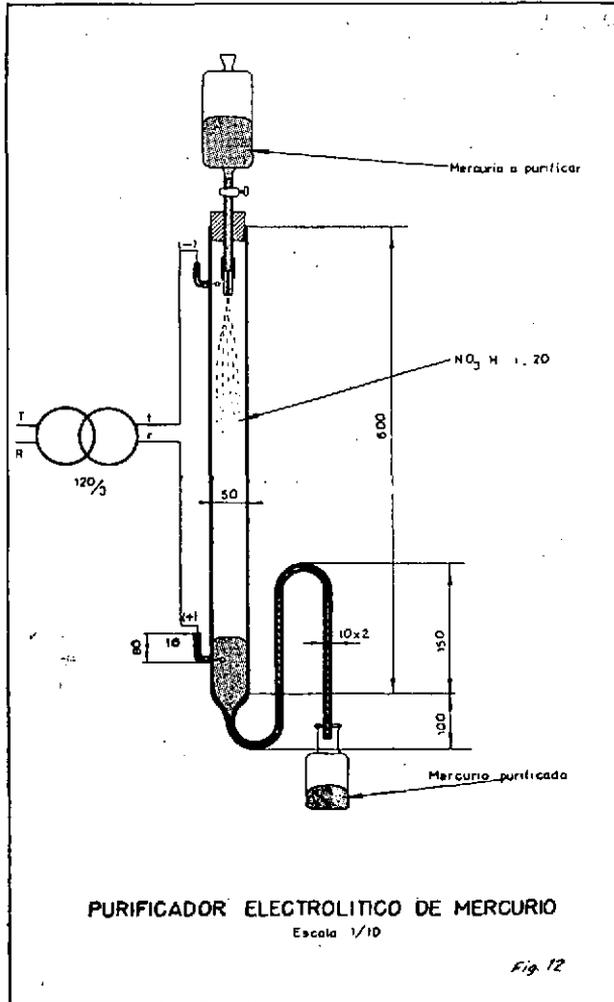


E) APARATOS EMPLEADOS

- a) Polarógrafo, Radiometer, tipo PO-3, Celda polarográfica representada en la fig. 10.
- b) Destilador de mercurio, fig. 11.
- c) Purificador electrolítico de mercurio, fig. 12.







4.—Reactivos empleados

Nitrato de plomo - 1 mgr/l ml.

Se pesan $10 \pm 0,0002$ g de plomo en hojas, calidad reactivo análisis, marca Merck, que se atacan con NO_3H 1 : 1, en caliente. Una vez frío se diluye con agua destilada y se afora hasta 1.000 ml.

Nitrato de plomo - 10 mgr/l ml.

Se pesa $1 \pm 0,0002$ g de plomo, y se procede como en el caso anterior.

Nitrato de cinc - 10 mgr/l ml.

Se pesan $10 \pm 0,0002$ g de cinc en polvo, calidad reactivo análisis, marca Merck, que se atacan con NO_3H 1 : 1. En caliente. Una vez frío se diluye con agua destilada y se afora hasta 1.000 ml.

Nitrato de cinc - 1 mgr/l ml.

Se pesa $1 \pm 0,0002$ g de cinc en polvo, y se procede como en el caso anterior.

Acetato amónico - Solución al 30 %.

Se pesan 300 g de acetato amónico, Probus, calidad reactivo análisis, que se disuelven en agua destilada y se afora a 1.000 ml.

Acetato sódico - Solución al 40 %.

Se pesan 400 g de acetato sódico, Probus, calidad reactivo análisis, que se disuelven en agua destilada y se afora a 1.000 ml.

Clorhidrato de hidroxilamina - Solución al 20 %.

Se pesan 200 g de clorhidrato de hidroxilamina. Probus, calidad reactivo análisis, que se disuelven en agua destilada y se afora a 1.000 ml.

Cloruro potásico - Solución saturada.

Se ha mantenido la solución saturada, manteniendo siempre una cantidad de cloruro potásico en el fondo del frasco; se ha empleado un producto Probus, calidad reactivo análisis.

Aluminio, Reactivo Análisis, sólido.

Fosfato sódico, R. A., sólido.

Tiosulfato sódico, R. A., sólido.

Acido clorhídrico, R. A.

Acido nítrico, R. A.
 Acido sulfúrico, R. A.
 Acido fluorhídrico, R. A.
 Amoníaco, R. A.
 Acido fosfórico, R. A.
 Iodo - Solución 0,1 N-

Se han pesado 13 g de iodo R. A. y 50 g de ioduro potásico, que se disuelven en agua destilada. Una vez disueltos completamente se diluye el volumen a 1.000 ml.

La valoración de la solución de I_2 , se ha hecho con solución de tiosulfato sódico 0,1 N ($f = 1,0039$) y solución de almidón como indicador. Los resultados se dan en el cuadro:

mls solución I_2	mls solución $S_2O_3Na_2$	factor
40	39,60	0,9939
40	39,58	0,9936
40	39,62	0,9942

Valor medio: 0,9939

Tiosulfato sódico, solución 0,1 N.

Se pesan 25 g de tiosulfato sódico, Q. P. y se disuelven en agua caliente que previamente se ha hervido. Se adiciona 0,1 g de carbonato sódico y se diluye hasta 1.000 mls. Antes de valorar la solución se deja pasar 46 horas para eliminar los cambios de normalidad debidos a la acción bacteriana.

Los resultados de la valoración de iodato potásico y almidón como indicador han sido:

IO_3K g	$S_2O_3Na_2$ mls	factor
0,1189	29,85	1,0039
0,1523	42,53	1,0040
0,1684	47,17	1,0038

Valor medio: 1,0039

Gelatina 1 %.

Se pesa 1 g de gelatina, se deja en agua 12 horas, con agitaciones frecuentes, y se diluye a 100 mls.

Sulfato de cobre. Solución al 0,1 %.

Se pesa 1 g de SO_4Cu , se disuelve en agua y diluye hasta 1.000 ml.

Mercuri-tiocianato amónico.

Solución recién preparada compuesta por 2,7 g de cloruro de mercurio (II) y 3 g de tiocianato amónico.

Permanganato potásico. Solución 0,1 N.

Se pesaron aproximadamente 3 g de permanganato potásico, químicamente puro, y se diluyó hasta 1.000 ml. Después de filtrar y dejar envejecer la disolución en frasco oscuro se valoró contra oxalato sódico. Los resultados de la titulación fueron:

Peso del vaso con oxalato sódico	31,8968	34,5719
Peso del vaso vacío	31,6036	34,2973
Peso del oxalato sódico	0,2932	0,2746
ml consumidos en valoración	53,2	50,5
Factor	0,8127	0,8123
Valor medio		0,8125

Disolución alcohólica de dimetilglioxima, al 1 % en etanol, en presencia de unos cristales de ClNH_4 sólido y NH_3 .

Solución saturada de SCNNH_4 .

Sección bibliográfica

H. T. Openshaw.—MANUAL DE LABORATORIO DE ANALISIS ORGANICO CUALITATIVO.—Traducción de R. Pérez Alvarez Ossorio. Editorial Alhambra, 1963. 124 págs.

Este manual es la tercera edición del original del mismo título, con respecto a a cual presenta dos pequeñas secciones (compuestos con metal y ácidos aminosulfónicos) y algunas mejoras que no afectan al esquema inicial de la obra.

El sistema analítico, cuyo tratado ocupa 31 páginas, consiste en agrupar las sustancias según su composición elemental y desglosar después cada grupo mediante ensayos de solubilidad y de grupos funcionales; a continuación vienen unas leves consideraciones sobre separación de mezclas, preparación de derivados (generalidades), puntos de fusión mixtos y explicación para el uso de las tablas. Desde la página 43 hasta el final se exponen quince capítulos dedicados a tablas de constantes, con una pequeña introducción acerca de los derivados más adecuados a preparar en cada capítulo.

Por su extensión, la obra es elemental y con gran sentido práctico. En cuanto al sistema se asemeja inicialmente al de Mulliken, pero sin llegar a la compleja clasificación por órdenes, subórdenes, géneros, divisiones y secciones. Por otra parte, elude una clasificación sistemática por solubilidades, aunque, al final, haya usado todos los ensayos de solubilidad de Shriner, excepto el del ácido fosfórico.

En resumen, una obra elemental, simplificada y con una sistemática intermedia entre las de obras ya consagradas.

F. Sabater



