

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MINERO-METALURGICAS

ORURO - BOLIVIA

**"UN PROCESO PARA EL TRATAMIENTO DE PARTICULAS
DE ESTAÑO DE TAMAÑO COLOIDAL"**

Ing. Germán Zambrana Z.

Jefe División Investigación Básica

Dr. Ramiro Medina T.

Anteriormente Jefe División Investigación Básica

Dr. Grover Gutierrez B.

Coordinador de Proyectos Especiales

Egr. Ricardo Vargas B.

División de Investigación Básica

Trabajo a ser presentado en la XII Convención de
La Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros
a llevarse a efecto en Lima, Perú Octubre 1972.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MINERO-METALURGICAS
Oruro-Bolivia

UN PROCESO PARA EL TRATAMIENTO DE PARTICULAS
DE ESTAÑO DE TAMAÑO COLOIDAL

Ing. Germán Zambrana Z.
Jefe de la División de Investigación Básica

Dr. Ramiro Medina T.
Anteriormente Jefe de la División de Investigación Básica

Dr. Grover Gutierrez B.
Coordinador de Proyectos Especiales

Egr. Ricardo Vargas R.

Octubre 1972

Trabajo a ser presentado en la XII Convención de
la Unión Panamericana de Asociaciones de
Ingenieros a llevarse a efecto en Lima-Perú



RECONOCIMIENTO

El presente trabajo ha sido realizado bajo el auspicio económico de la Corporación minera de Bolivia. Los autores agradecen a esta Institución por el permiso concedido para su publicación.

Este agradecimiento se hace extensivo al Ing. Mario Paulsen T. Director del Instituto de Investigaciones Minero-Met³alúrgicas, por permitir la presentación de este trabajo.

UN PROCESO PARA EL TRATAMIENTO DE PARTICULAS
DE ESTAÑO DE TAMAÑO COLOIDAL

Ing. Germán Zambrana Z.

Dr. Ramiro Medina T.

Dr. Grover Gutierrez B.

Egr. Ricardo Vargas R.

RESUMEN

La concentración de partículas de cuarzo y casiterita menores a 10 micrones, ha sido investigada ya sea en forma independiente, como mezclas sintéticas o empleando un mineral de Itos. Este estudio se lo realizó en dependencia del pH, agentes modificadores, tipos de colectores aniónicos y mediante la introducción de una etapa de limpieza. La extracción de partículas empleando los derivados del petróleo y la ausencia de colector se debe aparentemente a la presencia de impurezas activas contenidas en los solventes, a la acción de fuerzas capilares que dan lugar al ligamento entre partículas o finalmente, por efecto de polaridad inducida debido a la posible presencia de grupos alquénos en dichos solventes.

El contenido de estaño presente en el concentrado empleando el mineral de Itos fluctua entre 6 a 7%, con recuperaciones mayores a 80%, lo que muestra en principio la factibilidad de recuperar este mineral a partir de menas silíceas.

INTRODUCCION

Uno de los aspectos que reviste especial interés dentro del campo de la concentración y beneficio de minerales, es aquel relacionado con la recuperación de partículas finas, arbitrariamente definidas como menores a 10 micrones (1), las cuales debido a sus características de comportamiento no son recuperables por ninguno de los procesos del tipo convencional conocidos.

Dentro los métodos más desarrollados con respecto a la recuperación de partículas finas, se tiene la ultraflotación (2) y la flotación por aglomeración (3). Sin embargo, la aplicación de estos métodos solamente se encuentran desarrollados para condiciones bastante específicas, las cuales no pueden ser generalizadas a otros tipos de minerales, además de obtenerse por lo general contenidos bajos del material valioso en los concentrados producidos.

Como consecuencia de éstos problemas, varios son los métodos que actualmente están incursionando en ésta dirección, la mayoría de ellos a nivel de investigación inicial. Dentro de estos métodos se puede indicar la flotación iónica (4), la flotación de precipitados (5) y la extracción por líquidos (6).

OBJETIVOS Y CONSIDERACIONES TEORICAS

En base a lo anteriormente expuesto y tomando en cuenta los problemas existentes en la flotación de partículas finas, en el presente estudio, se considera un sistema en el que el elemento burbuja no intervenga necesariamente como portador de partículas. Esta dificultad podrá ser superada mediante la introducción de una fase orgánica, en la cual las partículas finas se concentran en la interfase agua-orgánico (6). Para ello se deberá considerar los siguientes aspectos: cuando se hace una mezcla de dos líquidos parcialmente miscibles o inmiscibles y dicha mezcla es sometida a una agitación, se producirá la dispersión del uno en el otro. Para establecer un cierto grado de estabilidad en el sistema, será necesaria la presencia de un tercer componente que en nuestro caso podrían ser las partículas finas.

Si asumimos un sistema compuesto por un orgánico (tales como los derivados del petróleo) y agua los cuales son dos líquidos no miscibles, dependiendo de la relación de volúmenes de los compuestos del sistema y de las partículas, se producirá ya sea una dispersión de orgánico en agua o agua en orgánico. De acuerdo a este tipo de comportamiento, el grado de mojabilidad de sólidos por líquidos, se encuentra dado por la ecuación de young (7).

$$\gamma_{SA} - \gamma_{SL} = \gamma_{LA} \cos \theta$$

donde θ es el ángulo de contacto en la fase acuosa.

- γ_{SL} tensión interfacial del sólido-agua
- γ_{SA} tensión interfacial del sólido-orgánico
- γ_{LA} tensión interfacial del agua-orgánico

La condición necesaria para que el sólido se encuentre en la fase orgánica es que $\theta > 90^\circ$.

MATERIALES EXPERIMENTALES

Minerales.

Se emplearon dos tipos de minerales: cristales de cuarzo provenientes de la localidad de San José, Oruro y casiterita obtenida de concentrados de alta ley (51% Sn), correspondientes a la Mina de Catavi del Departamento de Potosí. Este concentrado de casiterita fue purificado sometiéndolo a un retratamiento gravimétrico y luego a una ligera limpieza de sulfuros por flotación. Los cristales de cuarzo fueron previamente seleccionados a mano. La molienda gruesa y fina del cuarzo y la casiterita se realizó en un molino de bolas de laboratorio y en mortero de porcelana, respectivamente. La fracción deseada de -10 micrones de tamaño fue obtenida por sedimentación.

El producto final de ambos minerales fue tratado con HCl y luego lavado varias veces con agua deionizada empleando el vibrador ultrasónico (Bransonic-32). La ley final de estaño obtenida fue del 75.4 %.

Finalmente se empleó una mena cuarcífera cuyo contenido de estaño fue del 2.6%. Este material proveniente de la zona de Itos de la localidad de San José, inicialmente a -70 micrones fue molido y sedimentado para obtener nuevamente la fracción de -10 micro

crones. Los componentes de dicha mena se encontraban representados por cuarzo en un 80 % y el resto por sulfuros y óxidos de hierro.

REACTIVOS

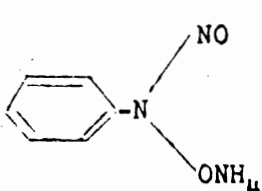
Considerando las características y propiedades de los reactivos empleados, se ha visto por conveniente dividirlos en dos grupos:

- a. Colectores convencionales empleados en la flotación de casiterita
- b. Compuestos orgánicos derivados del petróleo.

Se utilizaron colectores del tipo aniónico, tales como el Aerosol-OT-75 y cupferrón. Los dos primeros de grado industrial y el tercero de grado pro-análisis.

La tabla N°1 muestra las características de los colectores anteriormente mencionados.

TABLA N° 1

Aerosol-22	Aerosol-OT-75	Cupferrón
$ \begin{array}{l} \text{CH}_2\text{-COONa} \\ \\ \text{CH-COONa} \\ \\ \text{R-N} \\ \\ \text{CO} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \text{ SO}_3\text{Na} \\ \\ \text{COONa} \end{array} $ <p>R=C₁₈H₁₇</p>	$ \begin{array}{l} \text{CH}_2\text{COOC}_8\text{H}_{17} \\ \\ \text{CHCOOC}_8\text{H}_{17} \\ \\ \text{SO}_3\text{Na} \end{array} $	
N-Octadecil sulfosuc- ci-namato tetrasódico	Diocil Sulfosuc- cinato de Sodio	Nitrosfenilhidroxí lamina de Amonio

Los orgánicos empleados corresponden a diferentes derivados del petróleo boliviano. Estos son: Gasolina, Kerosene, Diesel, Fuel-Oil y petróleo crudo. Cada uno de ellos corresponde al tipo natural y son los normalmente empleados en la industria. La tabla N°2 muestra las características más importantes de estos compuestos.

TABLA N°2

	N° Carbones Aproximadamente	Peso molecular Promedio \pm 10%
Gasolina	C ₆ - C ₉	107
Kerosene	C ₉ - C ₁₆	178
Diesel	C ₁₀ - C ₂₀	220
Fuel-Oil	C ₁₀ - C ₂₅	270
Petróleo crudo	C ₂ - C ₃₅	-

Los reactivos SiO₃Na, H₂SO₄ y KOH, estos dos últimos como reguladores de pH, fueron de grado analítico.

PROCEDIMIENTO

Todas las pruebas se corrieron con un gramo de material excepto con el mineral de Itos y las mezclas de 6.52% Sn y 1.17% Sn donde, debido al bajo contenido de casiterita, se tuvo que emplear dos gramos. Las pruebas en las cuales el producto concentrado fue so-metido posteriormente a una limpieza, se hicieron en la siguiente forma: Separada la fase acuosa del orgánico, en la etapa inicial, éste fue trasladado nuevamente al recipiente de agitación al cual se introdujo un volumen de agua igual al inicial (120 c.c). La pulpa fue agitada por 5 minutos y luego se dejó caer en la columna de separación de fases. Las partículas contenidas en el orgánico fueron recuperadas al igual que en los otros casos por filtración.

La agitación a que fue sometida la pulpa, durante la etapa de inyección de aceite, fue 1800 r.p.m. durante 15 minutos. Estas condiciones fueron alteradas para el caso del tratamiento del mineral de Itos, donde la velocidad de agitación fue de 1500 r.p.m.

Equipo.

El tipo de equipo empleado con respecto al diseñado por otros investigadores (6), presenta dos variantes. La primera con respecto a la eliminación de la fase gaseosa (en la parte correspondiente a la inyección del aire en la columna separadora) y la segunda con respecto a la celda de agitación, la cual corresponde a la diseñada para los estudios de flotación por aglomeración (3).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para una mejor conclusión de datos, se consideran, en primer lugar, los resultados correspondientes a los estudios de partición, tanto para el cuarzo como para la casiterita; posteriormente, los de recuperación y limpieza de las mezclas sintéticas y finalmente los resultados obtenidos con el mineral de Itos.

Partición en los diferentes orgánicos del cuarzo y la casiterita.

Los resultados expuestos en la fig. N° 2, muestran el comportamiento de la casiterita y cuarzo en forma independiente. La fig. N° 3, muestra los resultados para mezclas sintéticas en las que se hizo variar el porcentaje de estaño.

En el primer caso, las curvas correspondientes al cuarzo muestran una mayor extracción, conforme el número de carbonos de los orgánicos va en aumento. Este efecto se puede observar para los valores de pH 1.5, 3.5 y 4.5. Para las curvas a pH 3.5 y 4.5, la extracción se hace total a partir del diesel, lo que no ocurre en el pH 1.5. Comparativamente, la casiterita es extraída en mayor porcentaje, en casi todos los orgánicos, a pH 4.5, notándose una ligera disminución para el Fuel-Oil y petróleo crudo; para pH 3.5 se observa una disminución progresiva en dependencia del número de carbonos. Finalmente, a pH 2.5, el por ciento de extracción va en aumento conforme el número de carbonos se hace mayor (fig. N°2).

El siguiente grupo de curvas corresponde a las mezclas sintéticas, (fig. N°3) con contenidos variables de estaño. Tanto el por ciento extraído como sus respectivas leyes, disminuyen proporcionalmente conforme el contenido de estaño en la mezcla es menor. Así por ejemplo, para las curvas correspondientes a una mezcla inicial de 32,6 % Sn, las extracciones en los diferentes orgánicos fluctúan entre 50 y 95 % de estaño con leyes alrededor del 40% Sn. Comparativamente, en las de 6.52 % Sn, las extracciones son entre 17 % y 65 % con leyes alrededor del 10 % Sn. Finalmente, para mezclas con contenidos más bajos de estaño, 1.17 % Sn las extracciones oscilan entre el 10 % y 43 % con valores de estaño alrededor del 2.5 % Sn. En todos los casos las leyes de estaño obtenidas en el orgánico, son mayores a las leyes de cabeza iniciales. En la mayoría de los casos estudiados se puede ver que el Kerosene es uno de los orgánicos de más baja extracción. Las mayores extracciones corresponden a la Gasolina y al petróleo crudo.

Estos resultados experimentales corresponden a pruebas corridas a un pH constante de 4.5.

Efecto de los diferentes colectores en la recuperación de casiterita. De acuerdo a los resultados expuestos en la fig. N°4 para los valores de pH 3.5 y 5.5 con los colectores cupferrón y Aerosol OT-75, la recuperación de la casiterita en los diferentes orgánicos se mantiene en 100 %. Contrariamente, esta recuperación en presencia del Aerosol-22, es variable, dependiendo del tipo de orgánico y del pH. Según estas curvas la recuperación aumenta pro

gresivamente en el orden Gasolina-petróleo crudo, donde se llega a obtener un máximo de 97 % (pH 3.5). Proporcionalmente, los valores de recuperación son mayores para pH 3.5 que con respecto al pH 5.5.

Recuperación de casiterita a partir de mezclas de 32.6 %, 6.52 % y 1.17 % Sn con el colector Aerosol OT-75. El comportamiento de la casiterita en presencia del colector Aerosol-OT-75 (0.05 gr/l), para valores de pH 3.3, 4.5 y 6.0, en los diferentes orgánicos, se presenta en las figs. N°5, 6 y 7, respectivamente. Bajo el empleo del colector Aerosol OT-75, las leyes obtenidas en los diferentes orgánicos, así como las recuperaciones, son considerablemente mayores a los valores de la extracción orgánica en las curvas de partición. Los valores de recuperación más altos (100 %) corresponden a un pH de 4.5 con los orgánicos Fuel-Oil y petróleo crudo (fig N°5). Bajo las mismas condiciones que en el caso anterior, pero considerando el contenido de estaño de la mezcla inicial en 6.52 % Sn (fig. N°6), se puede observar que para los valores de pH de 3.3, 4.5 y 6.0, en presencia del orgánico Kerosene, se obtiene recuperaciones mayores a 96 % con leyes de 32 %, 28 % y 31 % Sn, respectivamente.

Finalmente, para un contenido de la mezcla del 1.17 % Sn, la fig. N°7 muestra las leyes y recuperaciones alcanzadas para valores de pH de 3.3 y 4.5, respectivamente. Para un valor de pH de 3.3 y usando Fuel-Oil o petróleo crudo se obtienen recuperaciones del 100 % con una ley de 3.7 % y 4.8 de estaño, respectivamente. Las

recuperaciones observadas a pH 4.5 son menores aunque las leyes de los productos obtenidos en los diferentes orgánicos se encuentran alrededor del 6.0 % Sn.

Recuperación de casiterita con una limpieza a partir de una mezcla de 1.17 % Sn. El objeto fundamental de estas pruebas fue determinar la ley y recuperación de la casiterita, a través de una segunda etapa de tratamiento de las partículas extraídas inicialmente en los orgánicos. Los resultados de las pruebas realizadas a pH 3.5, muestran que es posible elevar el contenido de estaño de 1.17% a 10 % o 14 % Sn, con recuperaciones que fluctúan entre 82 % y 95%. Estos resultados están resumidos en la fig. N°8.

Recuperación de casiterita empleando un mineral de Itos. Los valores obtenidos en cuanto a ley y recuperación, empleando un mineral de casiterita con un contenido de estaño del 26 %, se puede observar en la fig. 9. De acuerdo a estos resultados se obtuvieron leyes que fluctúan entre 5 y 7 % Sn con recuperaciones mayores al 80 % *. Las condiciones bajo las cuales se obtuvieron estos resultados corresponden a pH 2.0, una velocidad de agitación de 1500 r.p.m. y 50 mlg/l de Aerosol-22. Las variaciones del por ciento estaño obtenido en el concentrado se encuentra en relación a las variaciones en aumento del silicato de sodio. El tipo de orgánico empleado corresponde a la gasolina.

* Este proceso se encuentra protegido bajo el trámite de una patente.

DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos se discuten en la siguiente forma:

Partición de cuarzo y casiterita.

De acuerdo al comportamiento de los minerales en la naturaleza y en su medio acuoso, éstos se pueden dividir en dos grupos: En el primer caso, al que corresponde la mayoría de los minerales, están aquellos que son fácilmente mojables en el agua y que se hunden con relativa facilidad y en el otro grupo están los que no son mojables en el agua y no se hunden a esta última categoría corresponde el talco azufre, carbón y grafito; se caracterizan por presentar una superficie hidrófoba, que permite que estos minerales sean naturalmente flotables.

En nuestro caso, consideramos dos tipos de minerales, cuyas superficies adquieren propiedades hidrofílicas al ser introducidas en un medio acuoso. Según la fig. N°2, en las curvas correspondientes al cuarzo y la casiterita, se puede ver que, bajo el efecto de la partición de dos líquidos no miscibles (agua-solvente orgánico), la distribución de partículas obedece a un comportamiento según el cual la fase orgánica juega un rol determinante.

Contrariamente a lo esperado, y considerando todos los solventes de la serie estudiada, se observa que las extracciones de las partículas de cuarzo tanto como las de la casiterita responden en un 100 % a los efectos de extracción en ciertos valores de

pH y tipos de solventes. A diferencia del compartimiento de estos minerales en medio acuoso, se presenta un caso en el cual las propiedades hidrofílicas adquiridas inicialmente por ambos minerales se ven alteradas debido posiblemente a una mayor capacidad del desplazamiento de las moléculas de agua por las del solvente orgánico. Sin embargo, si bien es posible que las partículas adquirieran propiedades oleofílicas en un sistema conformado por colector-partícula-aceite (8), bajo nuestras condiciones de estudio, la ausencia del colector plantea hasta cierto punto un comportamiento anómalo, la que necesariamente requiere de un análisis exhaustivo del problema.

Normalmente se sabe que cantidades pequeñas de impurezas contenidas en los orgánicos (sobre todo en los derivados del petróleo) son suficientemente activas para producir efectos capaces de hacer apta una partícula para su flotación (8).

Por otro lado si consideramos el mecanismo de aglomeración de la casiterita (datos no publicados), vemos que es posible aglomerar las partículas finas a través de la formación de escudetes del solvente orgánico (generalmente Fuel-Oil o Diesel) en los lugares de contacto entre partículas. Esta atracción entre partículas y orgánico, se hace posible por la acción de fuerzas capilares (3). La formación de escudetes se produce a través de colisiones entre partículas y gotas de orgánico, como también entre partículas ya cubiertas de aceite. Durante este proceso se produce la adherencia de burbujas de aire producidas por la agitación, las cuales

posteriormente facilitan su flotación.

Puesto que el tratamiento inicial en ambos procesos es similar, aparentemente este tipo de mecanismo nos permitiría establecer una posible explicación para este problema.

Para poder obtener mayores luces al respecto se tendría que considerar el efecto de acción de los solventes orgánicos sobre las partículas, a través de un estudio electroforético que permita observar el grado de afinidad ejercida por cada uno de los orgánicos en la superficie mineral.

El mineral de casiterita presenta su punto de carga cero a pH 3.7, (9) de tal manera que para valores menores a P.C.C. , como en el caso de las pruebas (fig. N°2) efectuadas a pH 2.5 y 3.5 respectivamente, el mineral presentará una superficie positiva. Consecuentemente, la prueba a pH 4.5 corresponde a una superficie negativa. El mismo razonamiento es válido para el cuarzo cuyo P.C.C. se encuentra a pH 2.0 (9). Las pruebas a pH 3.5 y 4.5 y luego a 1.4 corresponden a superficies negativas y positivas respectivamente.

Los por cientos de extracción observados en la casiterita sobre todo en el cuarzo aumentan considerablemente conforme el tipo de solvente que presentan un mayor número de carbonos. En los solventes livianos, la casiterita a diferencia del cuarzo, presenta extracciones mayores sobre todo en la gasolina.

Una mayor caracterización de estas curvas, en cuanto al porcentaje extraído y las variaciones de éste con respecto a las propiedades eléctricas de superficie, se podría hacer analizando con mayor detalle el efecto del pH en el sistema. Analizando esta variable con respecto al P.C.C., para la casiterita a pH 3.7 y pH 2.0, observamos que existe una cierta dependencia entre estos valores y los pH de experimentación; así por ejemplo, para el cuarzo vemos que se presenta una mayor extracción a pH 4.5 que a 3.5 (fig. N°2). De igual manera, en la casiterita el porcentaje de extracción es mayor a pH 4.5 que a 3.5 (éste último valor por debajo del P.C.C.). Por otro lado, exceptuando el solvente gasolina, a pH 2.5 las extracciones resultan mayores que a pH 3.5. Finalmente, en el cuarzo la extracción se encuentra considerablemente disminuída a pH 1.5.

Si bien para una mejor complementación de datos se requiere de mayor número de curvas experimentales a otros valores de pH, se podrá observar que en general las mayores extracciones corresponden a los valores de pH más distanciados del punto de carga cero. Este comportamiento significaría que la intensificación de los potenciales electropositivos o electronegativos de ambos minerales desempeña un papel importante con respecto a los solventes; vale decir, que bajo estas circunstancias se crea un efecto de interacción entre la superficie y las moléculas de los diferentes orgánicos a través de efectos inductivos (10). Este razonamiento sería válido en el entendido de que se presentan "grupos alquenos"

en la serie de solventes estudiados con referencia a las posibles impurezas y el efecto de éstas anteriormente observado.

La distribución de partículas en un sistema binario, formado por la mezcla de cuarzo y casiterita, muestra en general extracciones mucho menores a las obtenidas a pH 4.5 en forma independiente (fig. N°3). Por otro lado, el por ciento de extracción de casiterita recuperada en el solvente orgánico disminuye proporcionalmente al contenido de Sn en la mezcla sintética.

Si asumimos que el comportamiento de la mezcla es similar con respecto al sistema anterior y que el efecto observado en los compuestos no polares con respecto a las partículas en principio es el mismo, la baja extracción observada en la casiterita, para un sistema formado por estos minerales, aparentemente se debe a ciertos efectos de interacción que dan lugar a la disminución de partículas en la fase acuosa. Este efecto de dispersión puede ser muy diferente en el cuarzo que en la casiterita, porque los potenciales electronegativos de ambos minerales son diferentes en magnitud.

Estos diferentes valores electronegativos juegan, aparentemente, un papel importante en la dispersión de las partículas. Este razonamiento estaría basado en el siguiente análisis.

Para el caso de partículas muy finas, las condiciones de aglomeración o de repulsión entre ellas, se manifiestan a través de las propiedades eléctricas de superficie. Así por ejemplo, partículas

que desarrollan un potencial de ± 5 milivóltios hasta -14 milivóltios podrán producir efectos de coagulación o aglomeración; para valores de mayor electronegatividad, partiendo desde -30 milivóltios, las condiciones iniciales de coagulación o aglomeración se transforman en efectos contrarios de repulsión mutua entre partículas (11). Estas condiciones serán aún más de determinantes con valores electronegativos mayores.

EFFECTOS DE LOS DIFERENTES COLECTORES

En esta sección, como parte fundamental del estudio, se analiza los efectos de interacción en un sistema formado por colector-partícula-solvente orgánico.

En un sistema correspondiente a éstas características se considera los siguientes aspectos: Para que una gota de aceite se adhiera fuertemente a la superficie de una partícula, es necesario que ésta adquiera características hidrófobas, generadas por la adsorción en su superficie de un compuesto heteropolar (8). Un factor importante que se deberá considerar bajo éstas circunstancias es el incremento del ángulo de contacto y el aumento de hidrofobisidad adquirida por la partícula. A este tipo de caracterización general, corresponden los resultados de la fig. N°4, empleando los colectores Aerosol-22, cupferrón y Aerosol OT-75. De estos colectores el Aerosol-22 muestra recuperaciones en general menores a las obtenidas con los otros colectores. Este

efecto se debe a la formación de flóculos demasiado grandes los cuales por su excesivo peso se desprendían de la fase orgánica. Aparentemente la formación de dichos flóculos se debe a una excesiva adsorción del Aerosol-22 y efectos abundantes de aglomeración entre partículas de casiterita. Por los resultados obtenidos se puede deducir que la presencia de los colectores proporciona al sistema condiciones de alta hidrofobilidad y de fácil extracción en la fase orgánica.

Recuperación de casiterita a partir de mezclas y en presencia de una limpieza. Los resultados obtenidos con el colector aniónico, Aerosol OT-75, en la mezcla casiterita-cuarzo en diferentes porcentajes y valores de pH se observan en las figs. N°5, 6 y 7. De acuerdo a estas curvas, el radio de enriquecimiento del contenido de estaño en el concentrado aumenta aproximadamente en un factor de 5.

Una comparación de estos resultados con respecto a los de partición con mezclas muestra el papel preponderante que juega el colector en cuanto a selectividad y valores de recuperación en la mayoría de los orgánicos. En términos generales se puede observar por otro lado que los orgánicos de mayor longitud de cadena tienden a aumentar la recuperación, sin embargo, el radio de enriquecimiento en cuanto a ley es menor a los obtenidos con orgánicos de menor longitud de cadena.

En la fig. N°8 la acción de una limpieza a partir del concentrado inicial de la mezcla permite obtener valores de estaño en el

concentrado que fluctúa entre 10 % y 14 % Sn, con recuperaciones en todos los casos mayores al 80 %. Aparentemente esto resulta posible debido a la alta estabilidad de las partículas de casiterita en el orgánico, siendo las partículas de cuarzo de fácil separación debido a que éstas son producto simplemente de un atrapamiento mecánico en el producto inicial.

Finalmente la fig. 9, nos muestra los valores de ley y recuperación obtenida para el caso de una mena cuarsífera, donde si bien las leyes no son mayores a un 7 % Sn, las recuperaciones se encuentran encima del 80 %.

Los resultados obtenidos en ésta figura corresponden simplemente a pruebas iniciales, las cuales pueden ser mejoradas con un mayor número de experiencias.

La alta recuperabilidad de la casiterita observada bajo el presente método, aparentemente resulta como consecuencia de los siguientes aspectos:

1. Las características específicas de los tipos de colectores empleados.
2. El aumento de hidrofobicidad de las partículas de casiterita por acción de las moléculas no polares.
3. Como consecuencia del punto 2, un aumento del ángulo de contacto de la casiterita favorecida por la adherencia de las moléculas no polares.
4. Dispersión del cuarzo en la fase acuosa.

CONCLUSIONES

La extracción de partículas menores a 10 micrones para los minerales de cuarzo y casiterita en forma independiente, como mezclas y finalmente empleando una mena ha sido investigada en los diferentes solventes orgánicos, derivados del petróleo en presencia y en ausencia de colectores aniónicos.

La extracción de las partículas por los solventes no-polares probablemente se produce de acuerdo a las siguientes posibilidades.

- a. Impurezas de tipo activo contenidas en los solventes.
- b. Fuerzas capilares a través de las cuales se produce el ligamento de las partículas.
- c. Efectos de polaridad inducida en el entendido de que se encuentren presentes los grupos alquenos como posibles impurezas en los diferentes solventes orgánicos estudiados.

Los resultados obtenidos con el mineral de Itos muestran la factibilidad de aplicar el proceso a menas cuar.íferas. Sin embargo, que las leyes del concentrado son menores a las obtenidas con mezcla sintética, estos resultados pueden ser mejorados considerablemente mediante un estudio posterior a través de un análisis exhaustivo de cada una de las variables tales como pH, velocidad de agitación, concentración reactivo y silicato de sodio.

BIBLIOGRAFIA

1. Meloy T.P. the treatment of fine particles during flotation, froth flotation, 50 th Anniversary Volume 1962.
2. Steinbruch R. tech, data sheet X-901, Minerals and Chemicals. Philipp Cop, 1961.
3. Schubert H., Schmidt J. Schubert G. La flotación por aglomeración de casiterita - I Simposio Internacional de Concentración del Estaño - Oruro, Bolivia 1966.
4. Sebba F. "Ion Flotation". Elsevier New York, 1962.
5. Alan J. Rubin, J.Donald Johson, and James C. Lamb. III, Department of Enviromental Sciences and Engineering, University of Noth Carolina, Chapel Hill, N.C.
6. Shergold H.L., and Mellgren O., Trans. Inst. Min. Metall. (Sect. C. Min. Process, Extr. Metall.), 78-Sep.1969 C.121 Bull N° 754.
7. Adamson Arthur W., Phisycal Chemistry of Surfaces, Second Edition p. 353 1967.
8. Klassen, V.I., and Mokrousov V.A., an Introduction to the Theory of Flotation, London, Butterworths, P. 335 - 1963.
9. Zambrana G., Medina R., Gutierrez G., Vargas R., Análisis sobre la Recuperación de Partículas Finas, I.I.M.M., Oruro-Bolivia Trabajo presentado en el XI Congreso Latinoamericano de Físico-Química Stgo. de Chile, Enero, 1972.
10. Gold S. Edwin. Mecanismo y Estructuras en Química Orgánica P. 572, 1967.
11. Riddick M.T., Control of Colloid Stability Through Zeta Potential VOL. I - Sep. 1967.

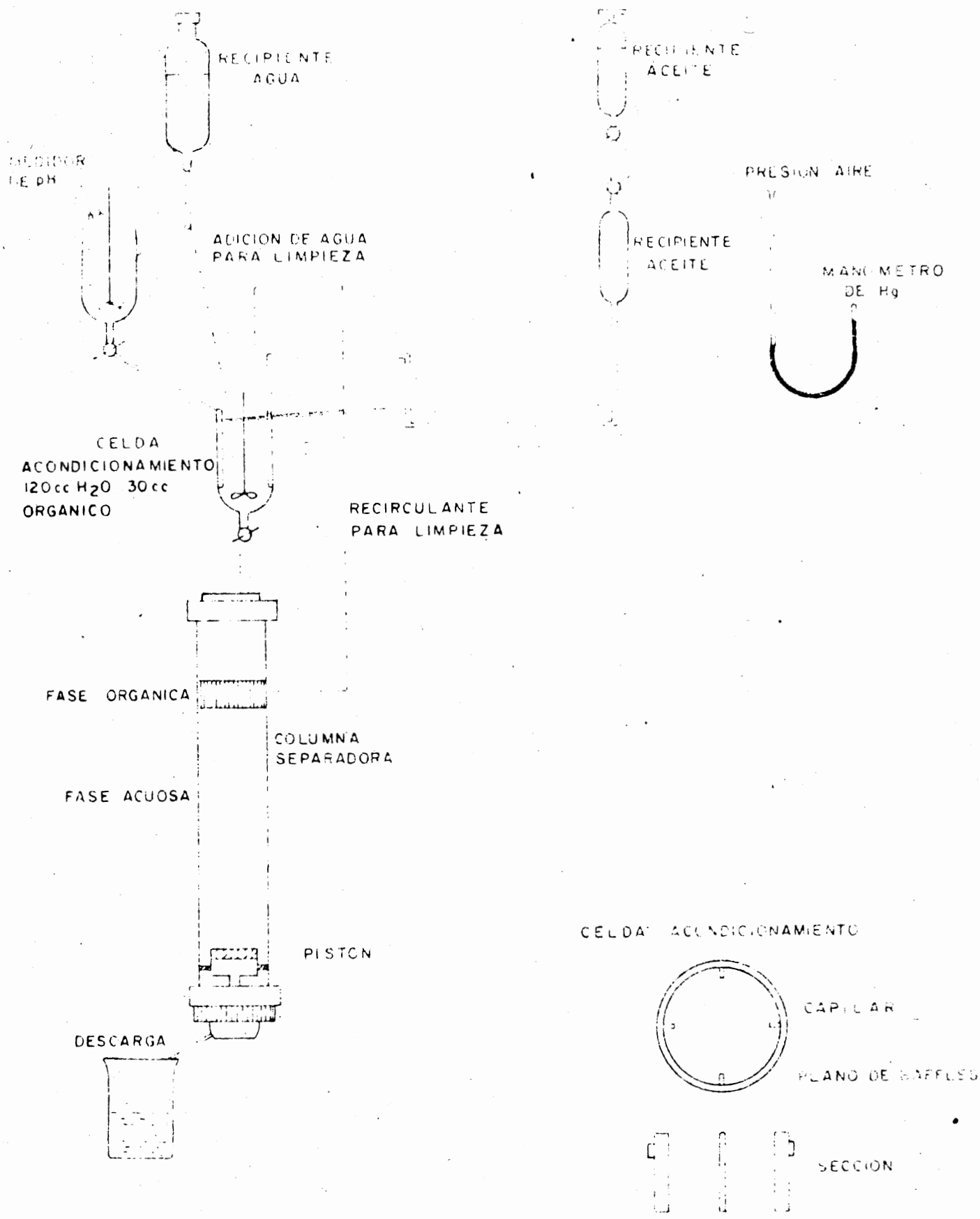


FIGURA 1 - EQUIPO PARA RECUPERACION DE PARTICULAS FINAS

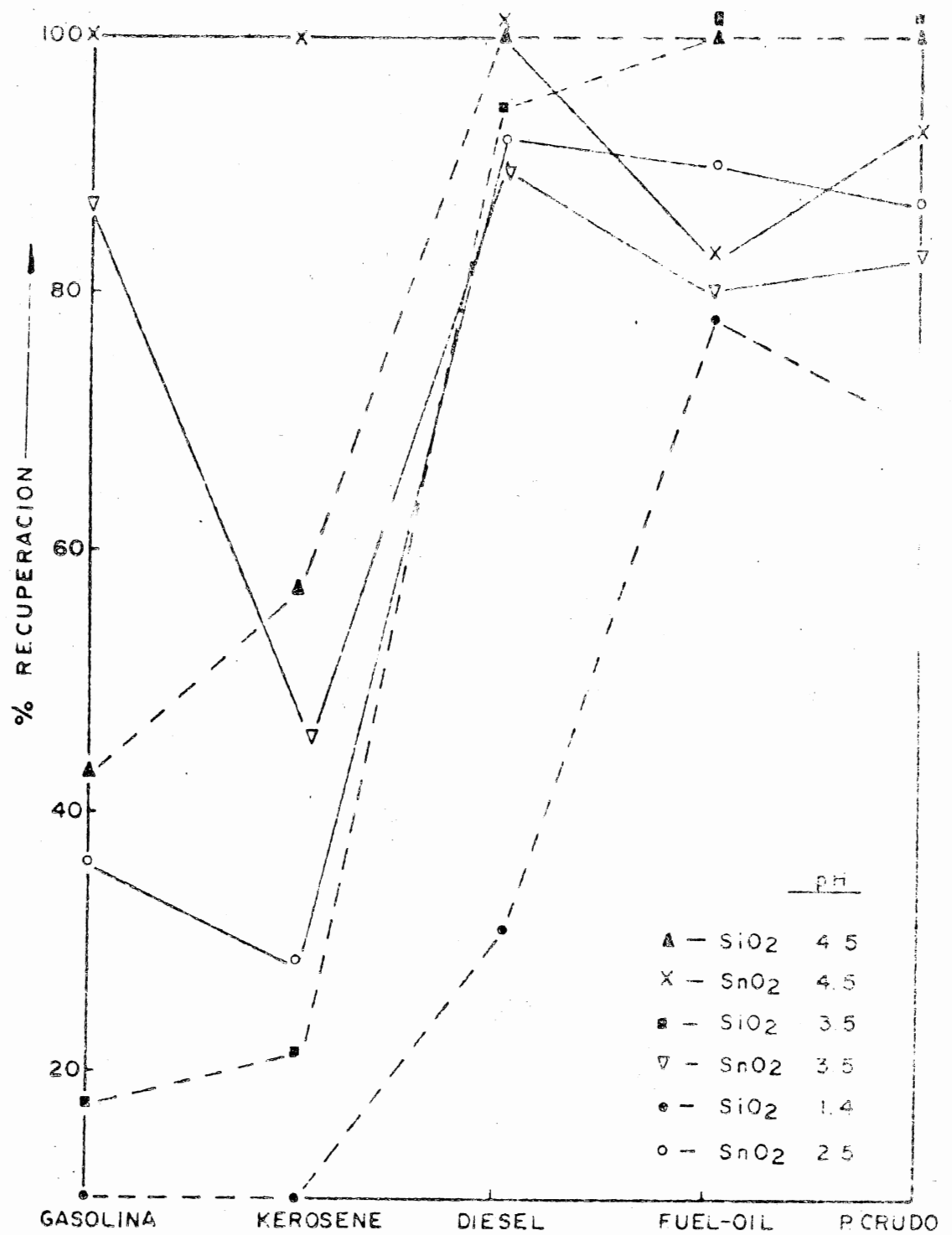


FIGURA 2.- PARTICION DE LA CASITERITA Y CUARZO CON DIFERENTES ORGANICOS Y pHs

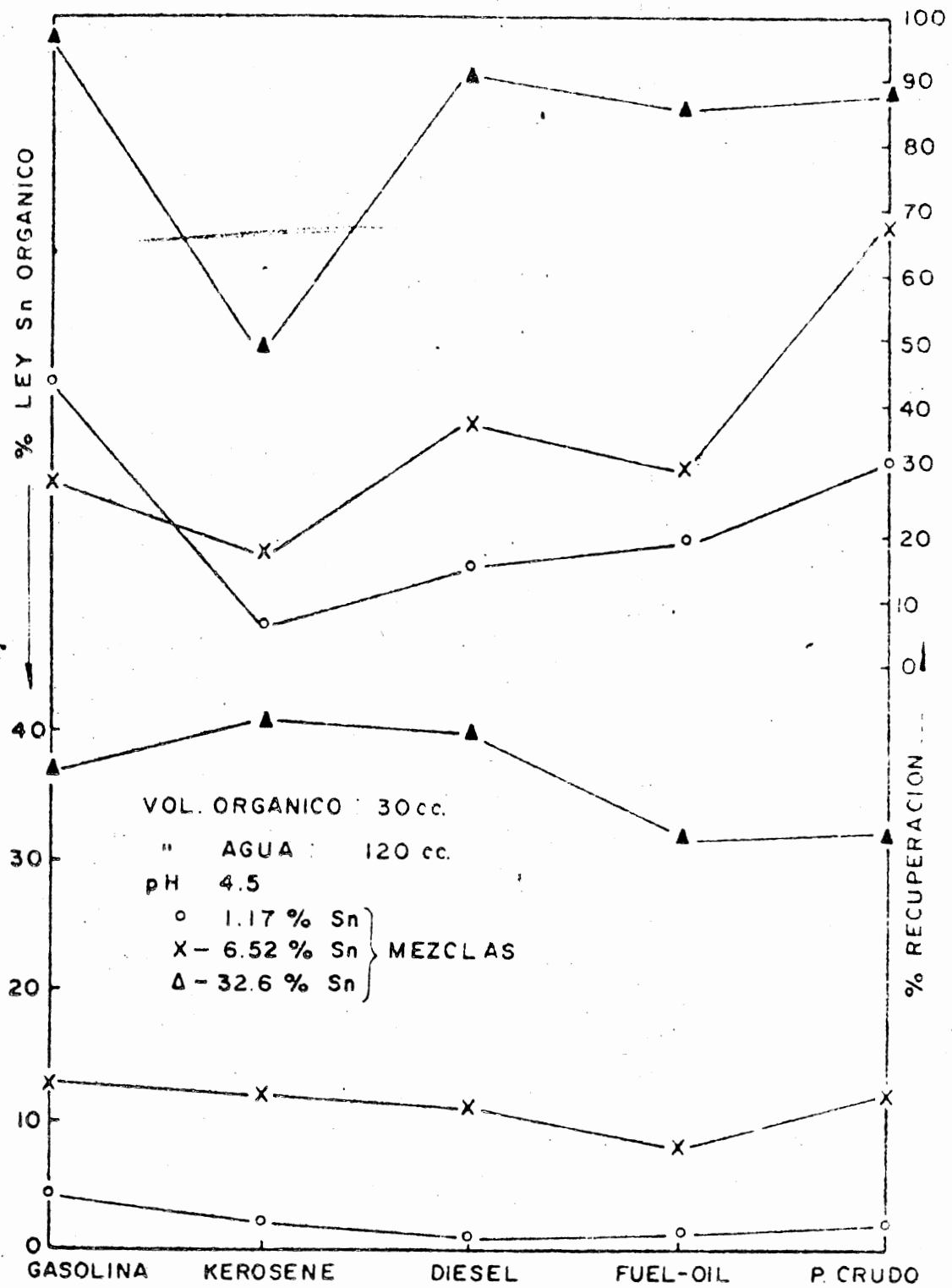


FIGURA 3.- PARTICION DE CUARZO Y CASITERITA EN LOS DIFERENTES ORGANICOS.

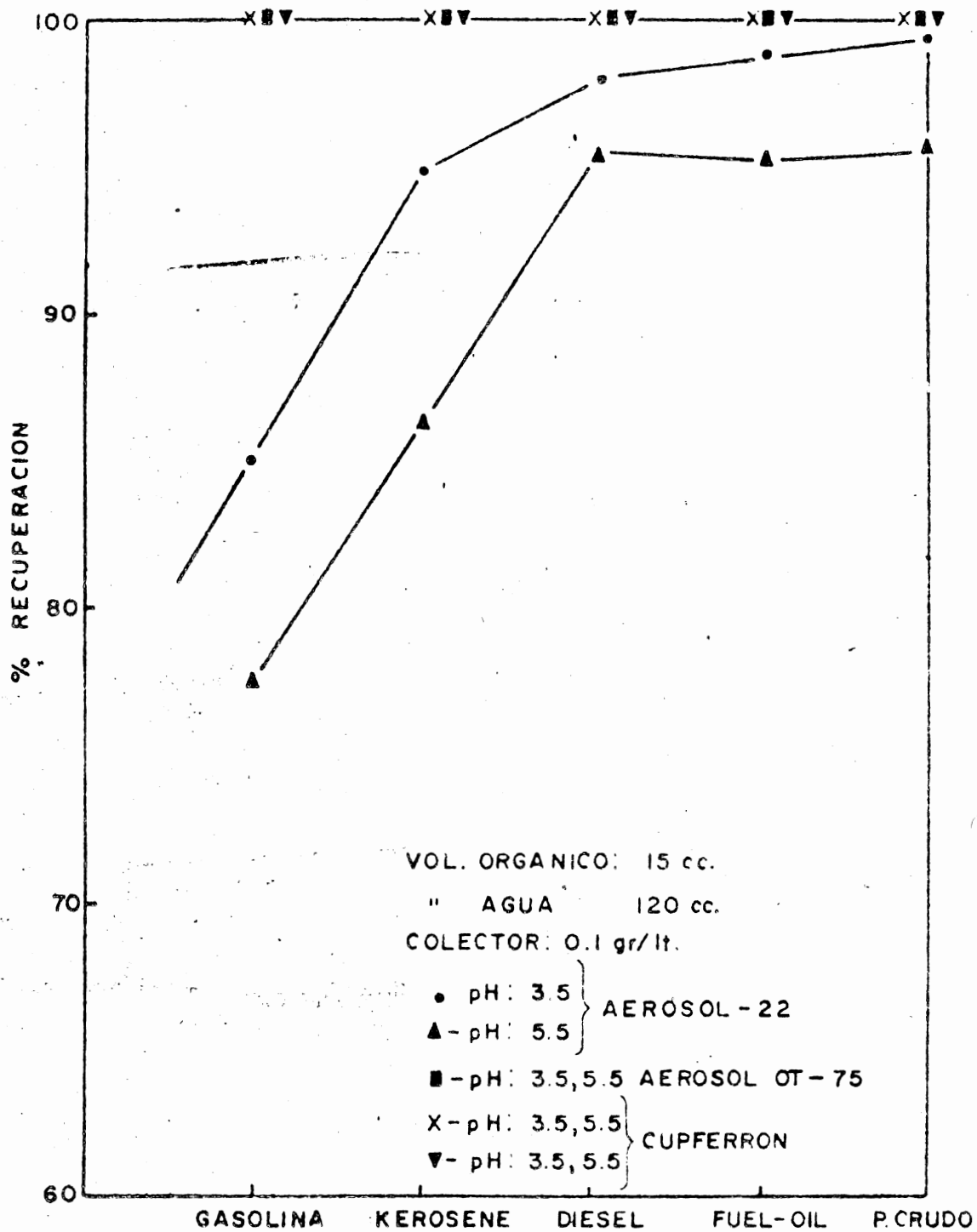


FIGURA 4.- EFECTO DE LOS COLECTORES ANIONICOS EN LA RECUPERACION DE CASITERITA.

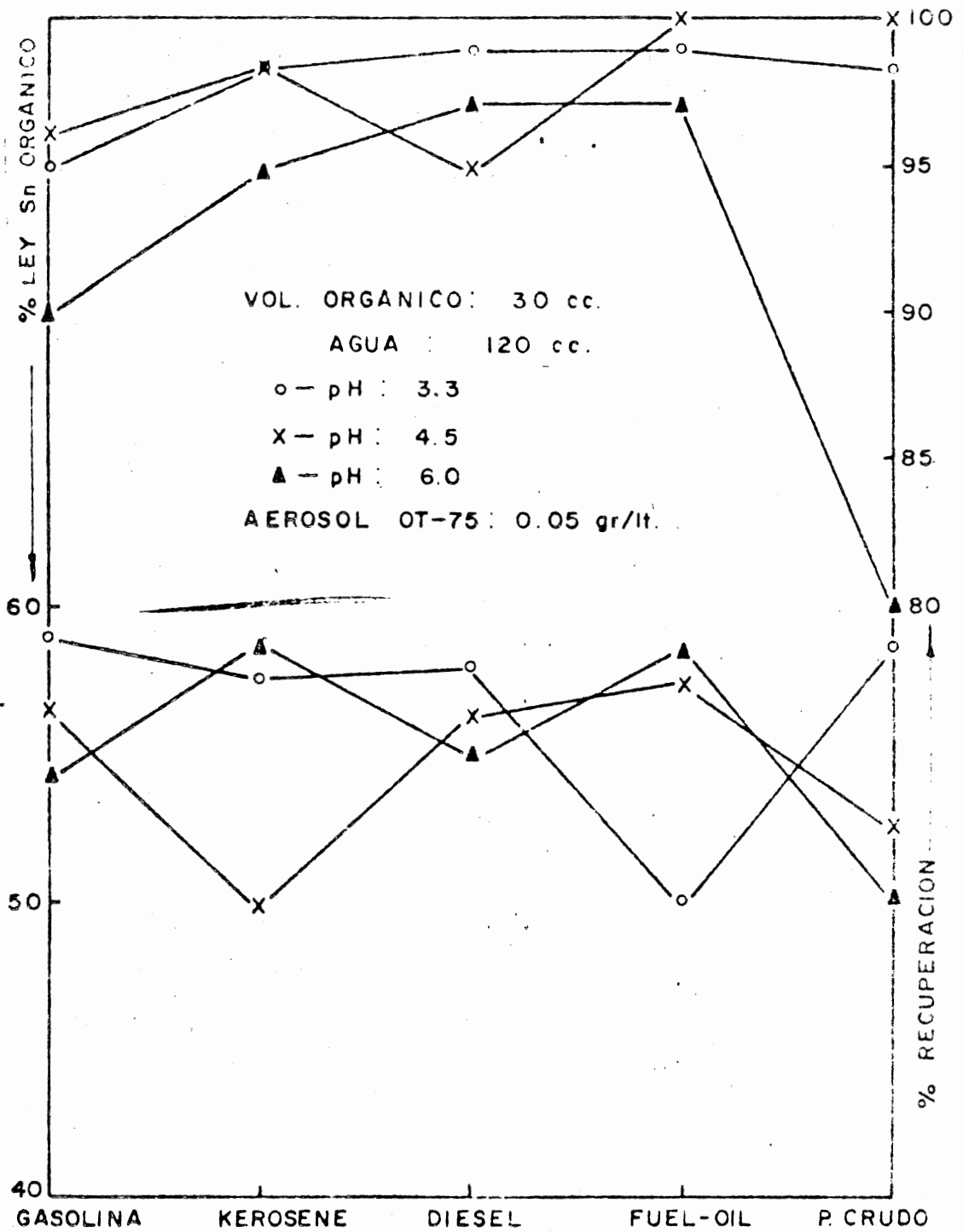


FIGURA 5.- RECUPERACION DE CASITERITA EN LA FASE ORGANICA A PARTIR DE UNA MEZCLA DE 32.6 % Sn.

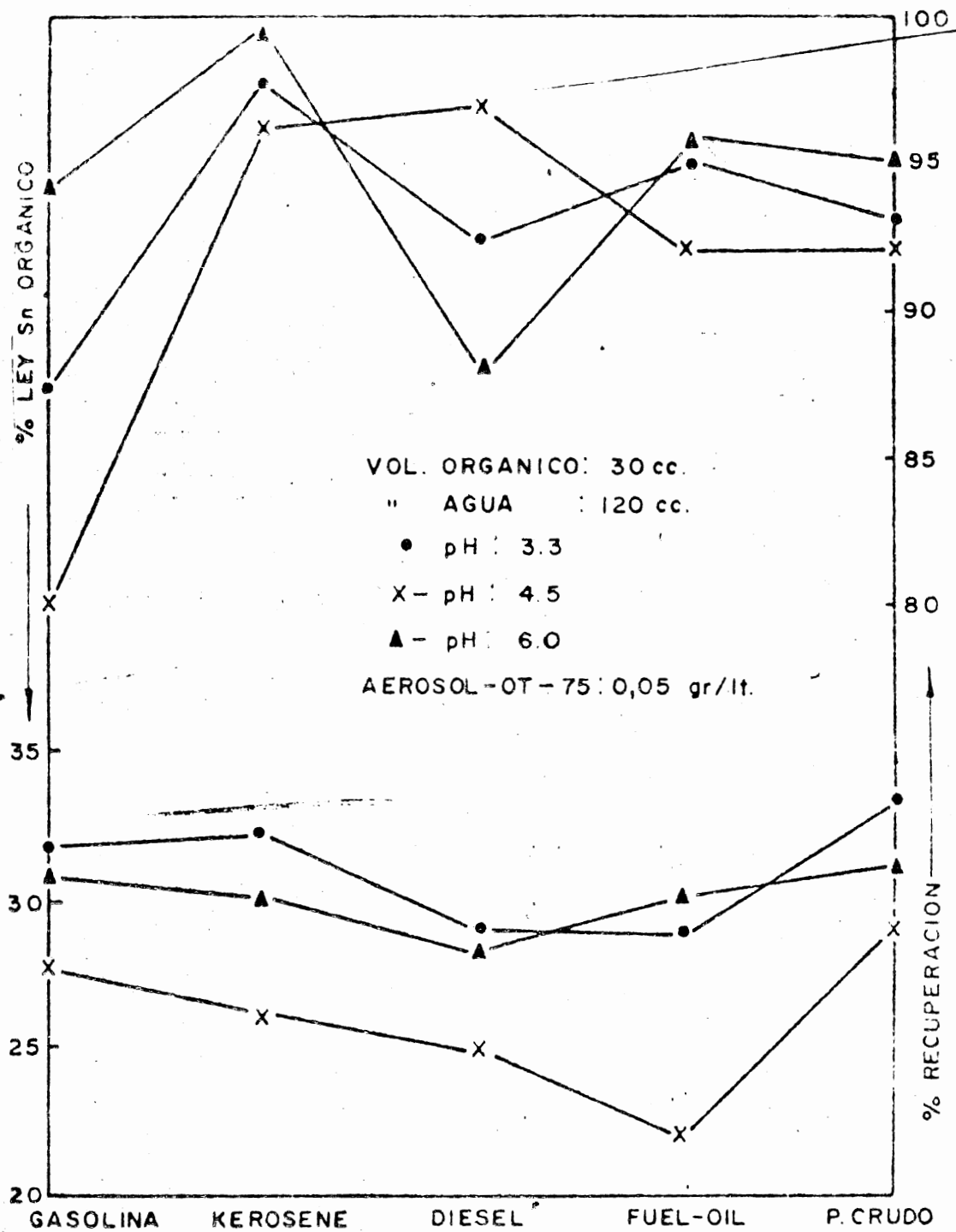


FIGURA 6.— RECUPERACION DE CASITERITA EN LA FASE ORGANICA A PARTIR DE UNA MEZCLA DE 6.52% Sn.

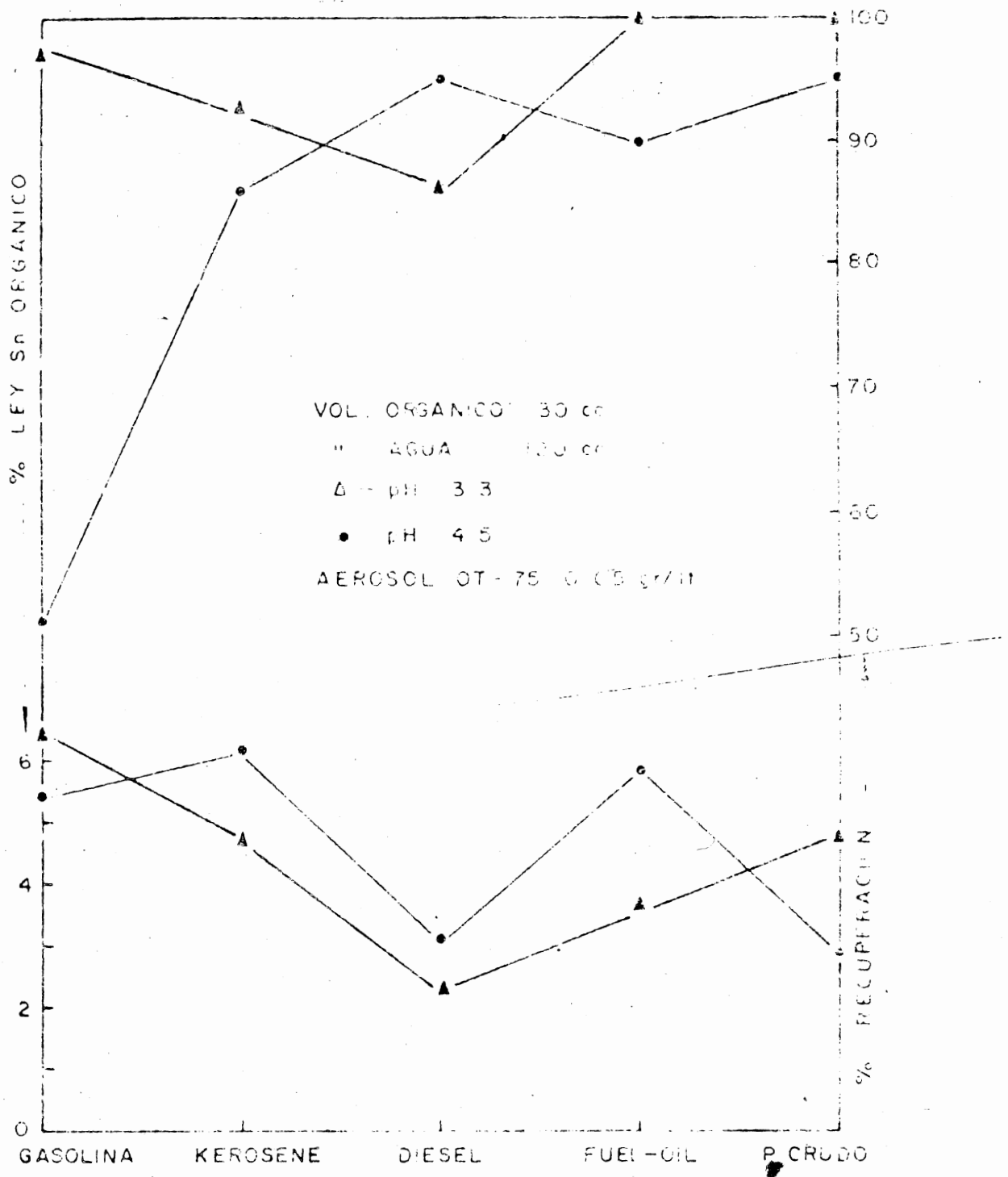


FIGURA 7 -- RECUPERACION DE CASITERITA EN LA FASE ORGANICA A PARTIR DE UNA MEZCLA DE 1.17% Sn.

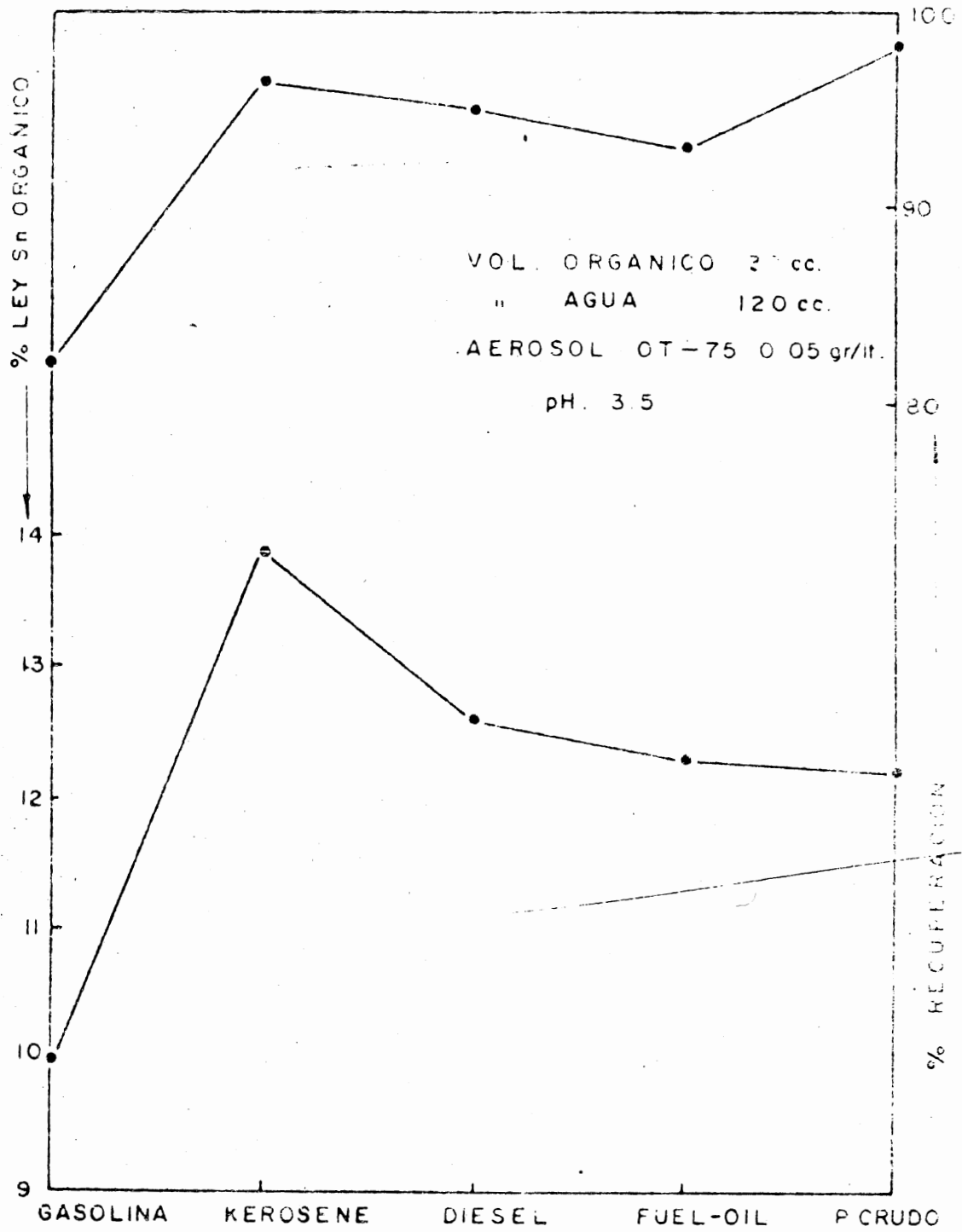


FIGURA 8.- RECUPERACION DE CASITERITA CON UNA LIMPIEZA A PARTIR DE UNA MEZCLA DE 1.17 % Sn.

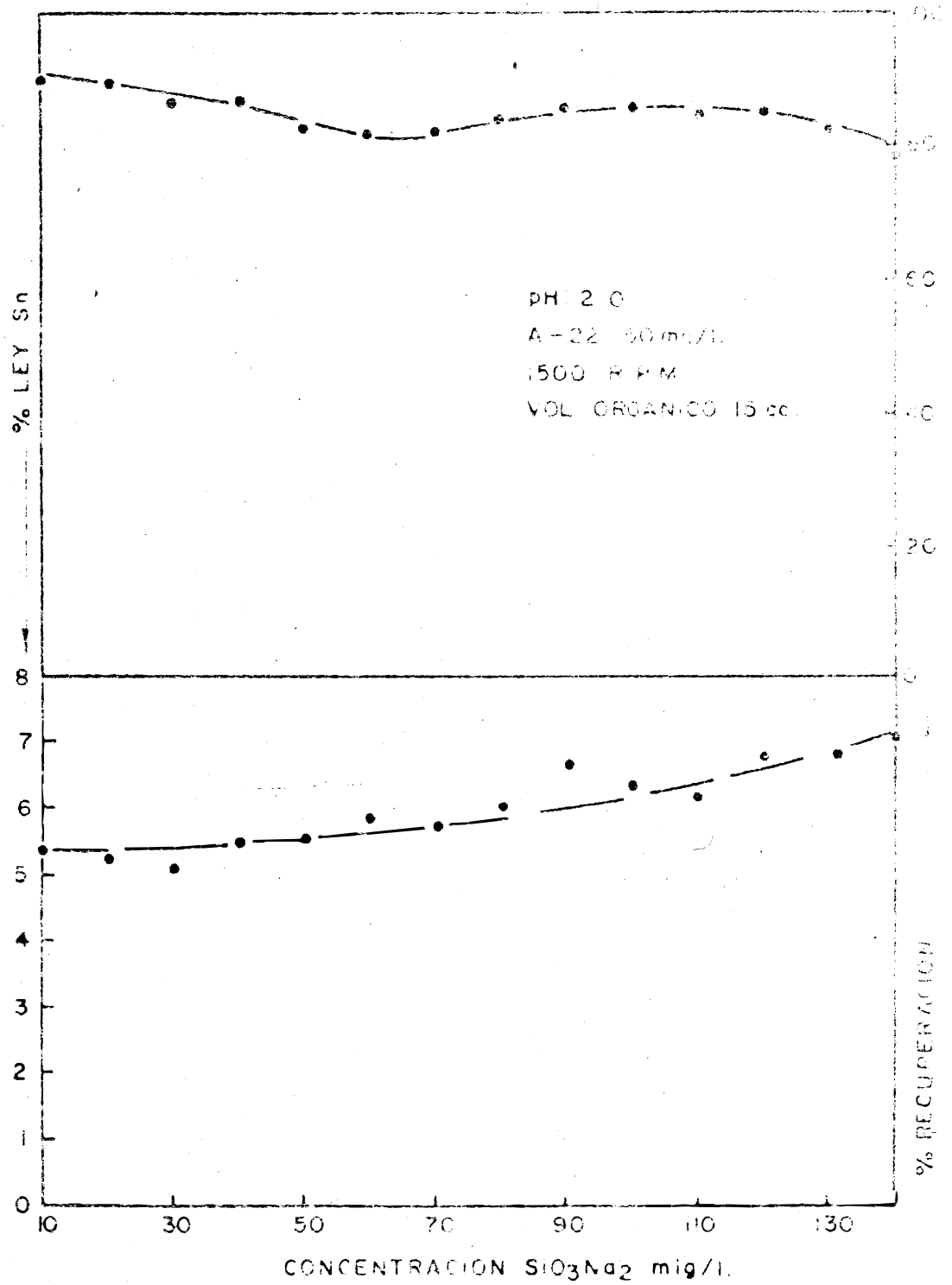


FIGURA N° 9 - EFECTO DEL SiO_3Na_2 EN LA RECUPERACION DE CASITERITA CON UNA MENA DE ITOS