



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES SOLVENTES  
PARA EXTRACCIÓN ANALÍTICA DE MOLIBDENO.

TRABAJO RECEPTACIONAL

MARTHA ELBA MARTINEZ GONZALEZ

81

SAN LUIS POTOSÍ, P.

1982



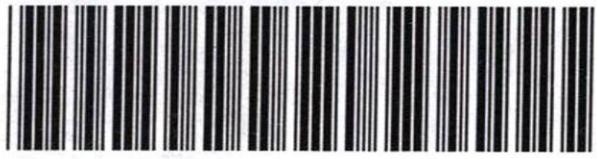
T

QD181

.M7

M3

C.1



1080075714

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**



**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES SOLVENTES  
PARA EXTRACCION ANALITICA DE MOLIBDENO.**

**TRABAJO RECEPCIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**Q U I M I C O**

**P R E S E N T A :**

**MARTHA ELBA MARTINEZ GONZALEZ**

**SAN LUIS POTOSI S. L. P.**

**1 9 8 2**

X  
QD181  
M3



A MIS PADRES:

ANDRES MARTINEZ GARCIA y  
AMALIA GONZALEZ DE MARTINEZ,  
Con mi más grande cariño  
respeto y agradecimiento.

A MIS HERMANOS:

DORA LUZ,  
MA. DE LOURDES,  
MA. DE LOS ANGELES,  
RAQUEL y  
ANDRES  
Con cariño

*Con mi eterno agradecimiento a la  
SRITA. Q.I.M.C. MARY E. NOLAN R.,  
por su valiosa colaboración para  
la realización de este trabajo.*

*A mis Maestros y Compañeros  
de la  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS.*

A GERARDO ALBINO.

## C O N T E N I D O

OBJETIVO

INTRODUCCION

PRINCIPIOS DE ESPECTROFOTOMETRIA

TEORIA DE EXTRACCION CON SOLVENTES

COMPLEJOS

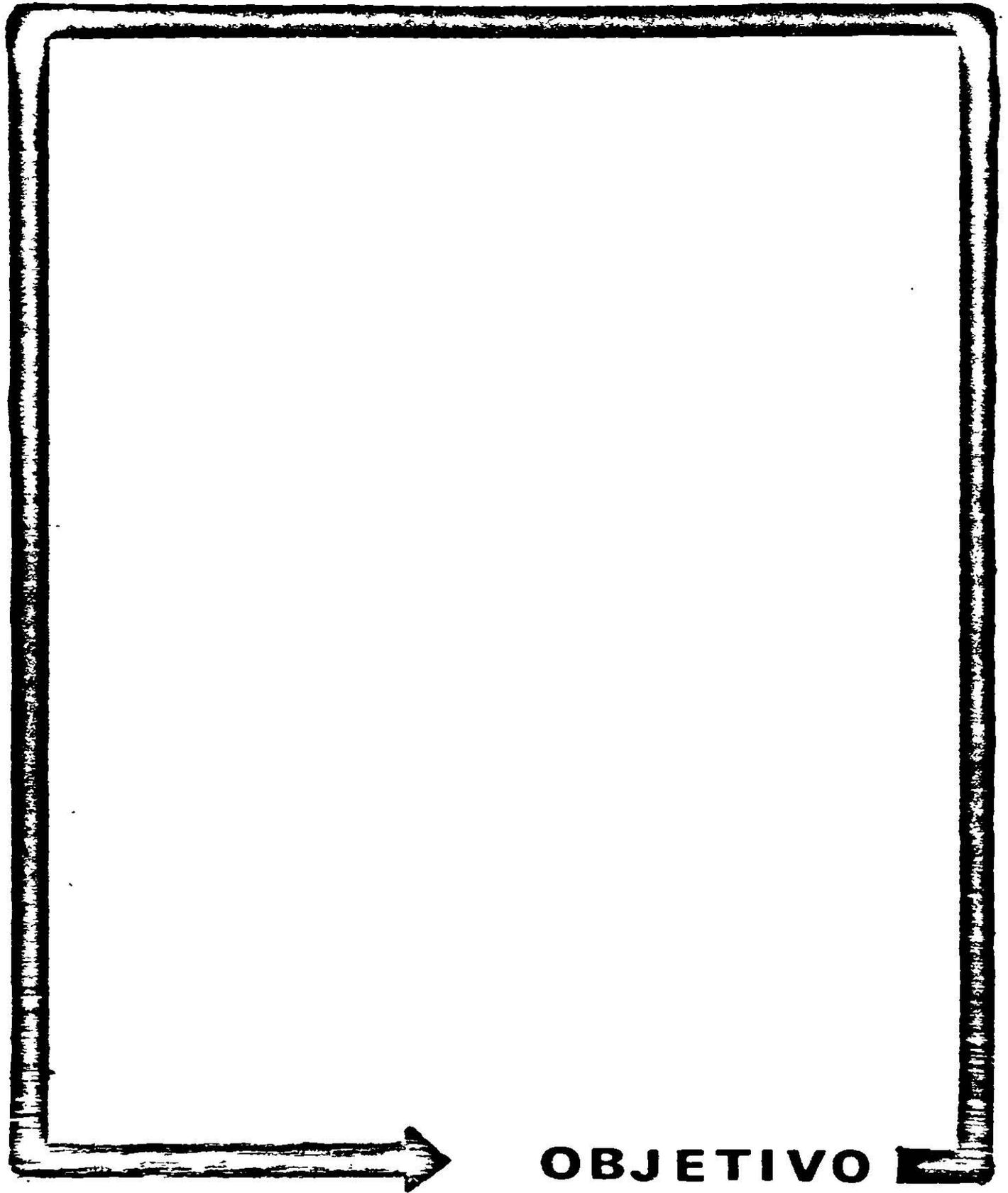
METODO

RESULTADOS

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA.

\*\*\*\*\*



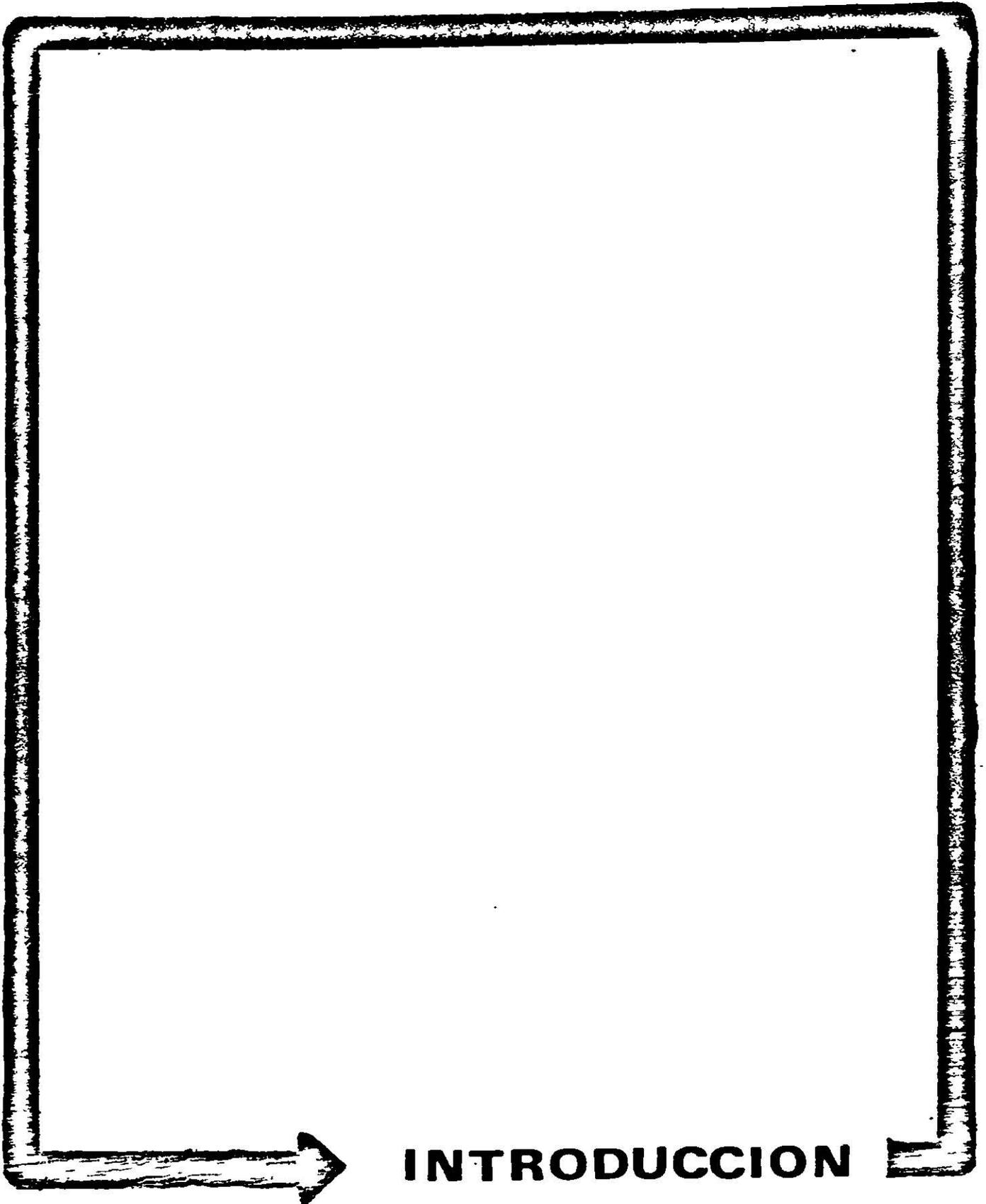
**OBJETIVO**

## O B J E T I V O

El objetivo principal al preparar este manuscrito, es el de unir bajo una cubierta los principios básicos de la química clásica experimental con el objeto de determinar las condiciones óptimas entre la comparación de dos solventes para la determinación espectrofotométrica del elemento molibdeno por extracción.

En este material se incluirán las discusiones sobre espectrofotometría, la teoría de extracción con solventes, complejos, así como el método a seguir y sus resultados.

Esto es con el fin de encontrar la aplicación y confiabilidad de un solvente con respecto a otro en este tipo de elemento, así como las variables de concentración del elemento presente como traza en las muestras del mineral de Barreno procedente de yacimientos de cobre localizados en las Salinas, Guerrero.



**INTRODUCCION**

## I N T R O D U C C I O N

Este estudio trata sobre la comparación en la extracción del elemento MOLIBDENO por dos solventes en muestras de Barrenos de exploración geoquímica.

El nombre de molibdeno viene de la palabra molybdaena aplicada antiguamente a los minerales parecidos al plomo; y su naturaleza y valor son con frecuencia hoy tan poco conocidos, que su mineral más importante, la molibdenita pasa a veces inadvertido para los buscadores de minas que lo toman por grafito, al cual se le parece mucho en su aspecto.

Se encuentra en la naturaleza el molibdeno en la molibdenita  $MoS_2$ , la wulfenita  $PbMoO_4$  y el ocre molibdico  $MoO_3$  (que contiene una considerable proporción de  $Fe_2O_3$ ) y en minerales en extremo raros, la powelita  $Ca(MoW)O_4$ , la belonesita  $MgMoO_4$  y la pateraita  $FeCO_3(Mo)O_4$ . También se encuentra en otros minerales que contienen los metales pesados raros del mismo grupo, pero probablemente su existencia en ellos es más bien accidental y no un componente esencial de los mismos. El molibdeno metálico más puro se obtiene a partir de la wulfenita, pero en la práctica todo el metal y sus compuestos se obtienen de la molibdenita.

Actualmente ha crecido la demanda y se adquiere en el comercio fijando el precio según el tanto por ciento de molibdeno o de su equivalente en  $\text{MoO}_3$  con garantía que no contiene más de cierto por ciento de arsénico, fósforo, antimonio o cobre, además de que en los métodos modernos de fusión en que se emplea el horno eléctrico son en gran parte eliminados dichos metales.

Se obtienen también concentrados de molibdenita menos ricos, tratando minerales en los que se halla en pequeños copos y en menor proporción del 2%, las cuales se concentran ya sea mediante lavado, por procedimientos electrostáticos o por flotación en aceite.

Puede obtenerse el molibdeno metálico por reducción del óxido molibdíco  $\text{MoO}_3$ , o mejor del dióxido  $\text{MoO}_2$ , menos volátil con carbón puro o por aluminotermia; y también calentando uno de los óxidos o cloruros en una corriente de hidrógeno. Su peso específico es 9, pero exento de carbono es más blando que el acero, es maleable y puede soldarse. La atacan los halógenos y la mayor parte de los ácidos y de las sales fundidas, no se le ha encontrado ningún empleo en la práctica, solo si bien se le usa ligado con otros metales.

La adición del molibdeno al acero, ya sea en forma de metal puro o en alguno de sus aleaciones hace que aumen-

-te considerablemente la resistencia hacia la tracción y tenacidad, la finura del grano y la capacidad de retención para el magnetismo.

*Molibdeno:*

*Símbolo Mo,*

*Peso Atómico 95.95,*

*Número Atómico 42,*

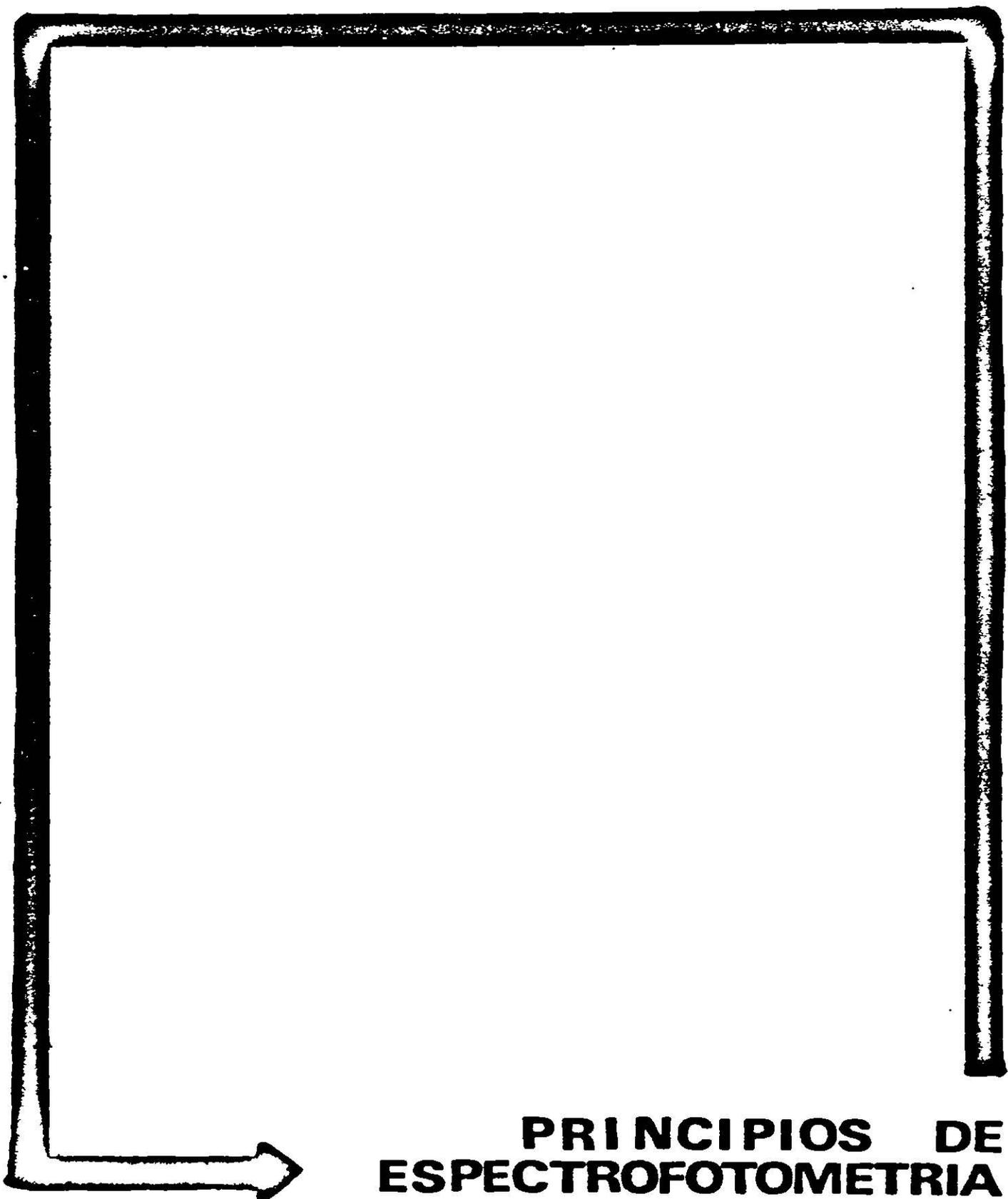
*Punto de Fusión 2,500°C. aproximadamente,*

*Densidad 10.02 a 10.32,*

*Cristaliza en estructura cúbica,*

*Metal blando, dúctil, blanco y de aspecto parecido al Platino, conductor moderado de la electricidad.*

*El molibdeno se presenta en sus compuestos con valencias 2,3,4, y 8, en los compuestos halogenados y oxí-cloruros con valencias 3,4,5 y 6 y en los compuestos sulfurados con 4 y 8.*



**PRINCIPIOS DE  
ESPECTROFOTOMETRIA**

## "PRINCIPIOS DE ESPECTROFOTOMETRIA"

Ya que el color se ha reconocido como característica de muchos materiales bajo algunas condiciones dadas, se le ha utilizado como medio de identificación, así se han creado un gran número de pruebas visuales tanto cualitativa como cuantitativas. El adelanto en el campo de la instrumentación ha producido una gran extensión de las técnicas. Puesto que estas técnicas se ocupan de la medición de la intensidad o poder la luminosidad a través de una solución, como función de la longitud de onda puede usarse el término fotométrico o espectrofotométrico para identificarlas.

Los pasos básicos en el análisis instrumental son - los siguientes:

- 1.- Generación de una señal.
- 2.- Detección y transformación del estímulo básico en otro tipo de señal (eléctrico).
- 3.- Amplificación.
- 4.- Computación, conversión de la señal de una forma utilizable (%; p. p.m. etc.).
- 5.- Presentación desviación de una aguja sobre una - escala, trazado automático de una curva sobre - papel, etc., la medida debe ser válida, reproducible, exacta y sensible.

Frecuentemente es necesario realizar separaciones - cuantitativas con el objeto de aislar el constituyente deseado o eliminar impurezas, por los siguientes métodos.

- 1.- Precipitación,
- 2.- Centrifugación,
- 3.- Extracción por solvente,
- 4.- Destilación,
- 5.- Formación de Complejos,
- 6.- Electrogravimetría,
- 7.- Cromatografía,
- 8.- Intercambio Iónico,
- 9.- Electroforesis,
- 10.- Diálisis.

Una clase muy importante de método analítico se basa en la interacción de la energía radiante con la materia, para intrudirse conviene recordar algunas propiedades fundamentales de materia y energía.

Radiación electromagnética es básicamente un campo - de fuerza en el espacio con frecuencia, velocidad e intensidad característica. La naturaleza de la energía radiante en su dualidad esencial con sus propiedades ondulatorias y corpusculares. La energía radiante se puede describir en -- términos de varios parámetros. Frecuencia.- Número de oscilaciones por segundo, longitud de onda:  $\lambda$  distancia entre

dos crestas adyacentes de la onda en un haz de radiación, - un haz de radiación consiste en energía que se propaga desde una fuente, a través de un medio o serie de medios a un receptor donde se absorbe algo de energía, puede ser absorbida por el medio que atravieza o puede cambiar de dirección por reflexión, refracción o difracción o bien puede polarizarse.

El espectro electromagnético está formado por una serie de radiaciones E.M., ordenadas según su frecuencia o longitud de onda.

Los espectros de absorción se miden ahora fácilmente en cada región espectral y son de gran utilidad en los estudios analíticos, algunos de los métodos ópticos más utilizados basados ya sea en la absorción, dispersión o emisión de la energía radiante son: Fotocolorimetría, espectrofotometría, colorimetría visual, turbidimetría, nefelometría, fluorometría, absorción atómica, espectrometría de emisión, métodos de fluorescencia y fosforescencia.

En los métodos espectrofotométricos, la medición de la absorción de la radiación a una longitud de onda determinada (control más exacto y estricto de la longitud de onda) es una de las cosas más importantes.

*Leyes fundamentales de la absorción:*

*Ley de Beer: "La intensidad de un rayo de luz monocromática disminuye exponencialmente al aumentar la concentración del medio absorbente".*

$$\text{Log. } p/p_0 = -K_2C \quad ; \quad \text{log } P/P_0 = -K_1 C$$

$$\text{Log. } P/P_0 = -abc \quad ; \quad -\text{Log } P/P_0 = abc$$

$$-\text{Log. } T = abc \quad ; \quad \text{Log } 1/T = \text{Absorbencia.}$$

$A = abc$ ;  $a =$  Absortividad específica,

$b =$  Espesor del medio o camino óptico

$c =$  Concentración (gr./l)

$P =$  Haz reflejado

$P_0 =$  Haz Incidente

$A = Ebc = E =$  Absortividad molar (Mol/l)

UNIDADES Y SIMBOLOS DE LA LEY DE BEER		
SIMBOLOS	DEFINICION	NOMBRES
T	$P/P_0$ l/l <sub>0</sub>	TRANSMITANCIA, TRANSMISION
$A, D, E$	$\log P_0/P$	ABSORBANCIA, DENSIDAD OPTICA, EXTINCION
$a, k$	$A/bc$	ABSORTIVIDAD ESPECIFICA
$\epsilon, a_M$	$A/bc \cdot PM$	ABSORTIVIDAD MOLAR
$b, l, d$	—	LONGITUD DEL CAMINO OPTICO

*La constante "a" Absortividad es característica de una combinación particular de soluto y solvente para una longitud de onda dada; propiedad intensiva de la sustancia,*

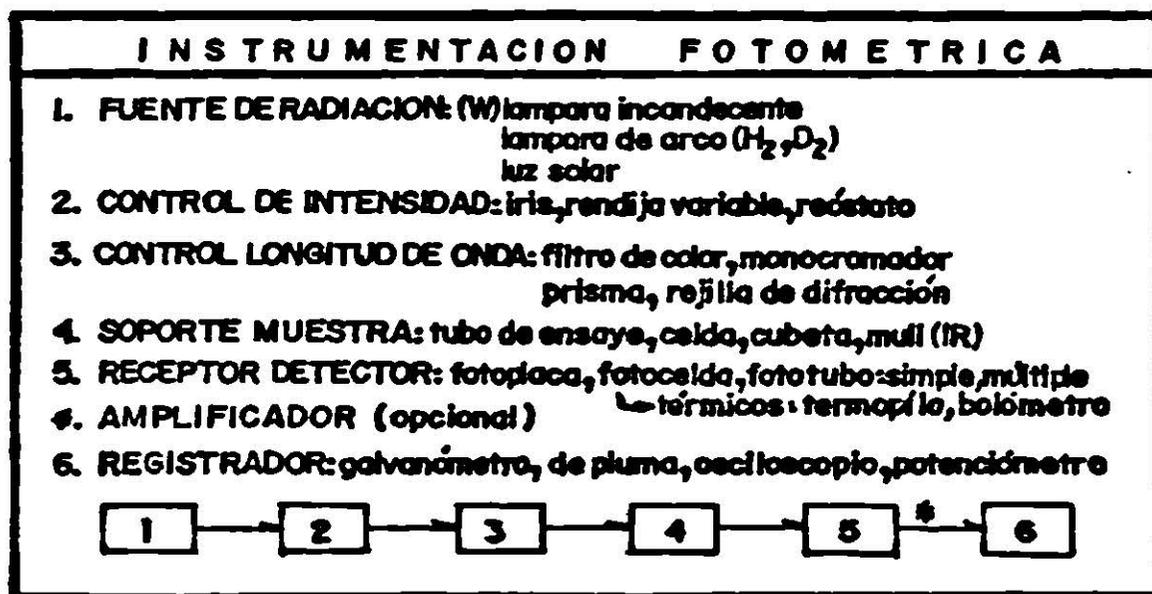
mientras que la absorbancia "A" es una propiedad de la muestra y por lo tanto variará con la concentración y espesor de la celda.

La absorbancia y la absorptividad son conceptos útiles como medida del grado de absorción de las radiaciones por materiales coloreados, el símbolo "a" se utiliza si la naturaleza del material absorbente y su peso molecular se desconocen. La absorptividad molar es preferible si se desea comparar cuantitativamente la absorción de varias sustancias.

**Desviaciones de la Ley de Beer.**- Debe probarse el comportamiento de la sustancia en una gráfica de absorbancia vs. concentración, debe dar una línea recta ascendente que parte del origen, la falta de conformidad a la Ley puede interpretarse de dos maneras, una falla en el sistema químico, la otra, defecto en la naturaleza física.

La falla del sistema químico puede deberse a: Disociación, polimerización, hidrólisis, cambio de solvente, formación de complejos, efecto de pH, presencia de impurezas.

Las de naturaleza física pueden ser: Modificación en el índice de refracción, radiación no monocromática, cambio apreciable de temperatura, imperfección en la medición de la energía radiante transmitida.



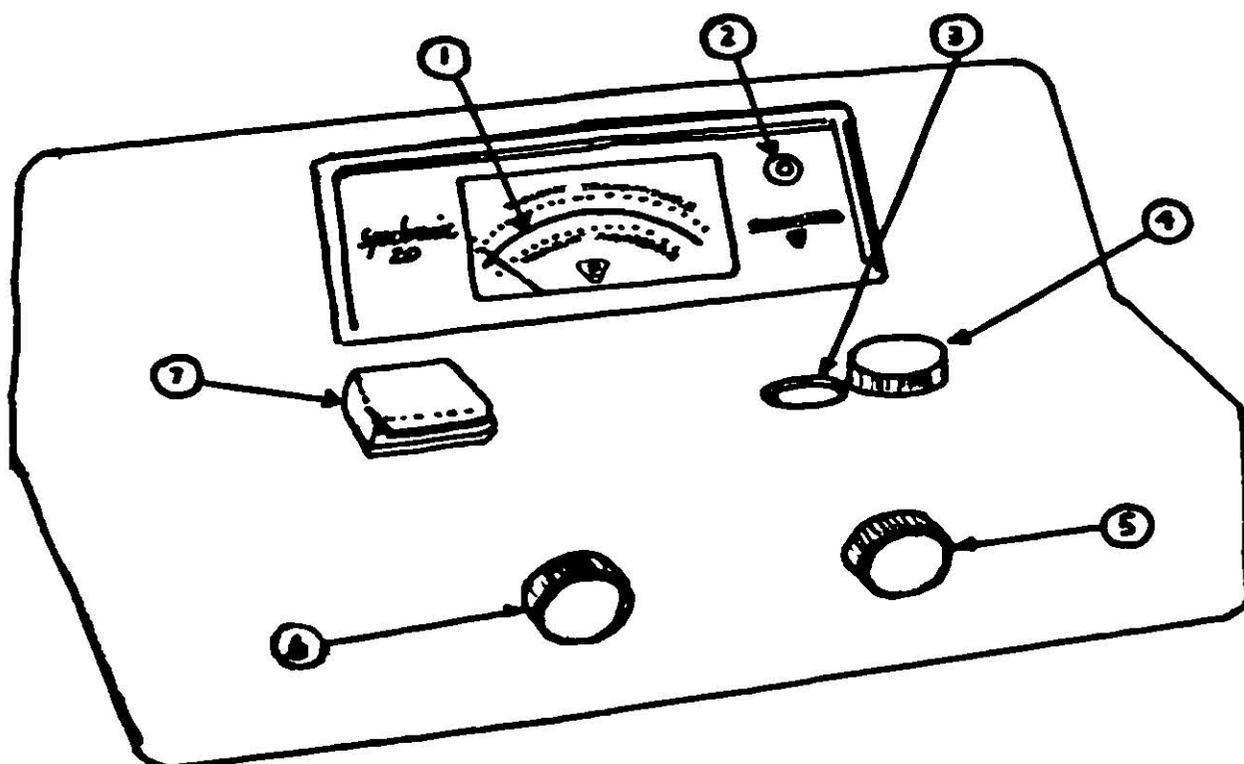
Para el presente trabajo se utilizó un espectrofotómetro emparrillado de lectura directa representado en la Figura No. 1.

Una pequeña réplica de emparrillado provee de la dispersión y en conjunción con las rejillas fijas, proporciona una banda de paso de 20  $\mu$ , se usa un amplificador de diferencia, la expulsión de fotoelectrones de fotocátodo causa un correspondiente número que deben ser arrojados de la ranura del tubo haciéndolo más positivo y aumentando el voltaje de rendimiento del tubo, el medidor en el circuito de puente, que está graduado en escala de divisiones lineales de 0 a 100% de transmitancia indica la intensidad de la

señal sobre la ranura y por lo tanto la incidencia de la luz sobre el fototubo, siempre que el recipiente de la muestra sea retirado del instrumento, un obturador cae dentro del haz de luz para que, con el fototubo oscuro, el control del amplificador (perilla izquierda) se ajuste para llevar la aguja del medidor a cero en la escala de transmitancia.

Esto se lleva a cabo variando la posición de la tapa del resistor que altera el valor relativo del voltaje de la placa proporcionando a cada tubo por el proveedor de energía. El instrumento es balanceado a 100% de transmitancia por medio de una rejilla variable en forma de V (control de luz, perilla de abajo a a la derecha) en el haz de luz dispersado.

Los límites del espectrofotómetro son de 340 a 650  $\mu$ , con un fototubo sensible al azul y puede extenderse hasta 950  $\mu$  con la adición de un filtro de bloqueo al rojo y cambiando la clavija de los fototubos.



1. Escala    2. Luz piloto    3. Escala longitud de onda  
 4. Control de longitud de onda    5. Control de luz  
 6. Interruptor y control a cero    7. Portamuestra

**Fig. 3 Espectroline 20 colorímetro/espectrofotómetro**

**EXTRACCION CON**

**TEORIA DE  
SOLVENTES**

## "TEORIA DE EXTRACCION CON SOLVENTES"

Las operaciones de extracción por solventes son - - aquellas en las cuales se realiza la separación de mezclas de distintas sustancias tratándolas con un solvente líquido selectivo.

Al menos uno de los componentes de la mezcla debe ser inmiscible o parcialmente miscible (soluble) con el solvente del tratamiento, de modo que se formen cuando menos dos fases sobre el intervalo completo de las condiciones de funcionamiento utilizadas.

Para que una separación se realice, uno o más de los componentes tienen que ser disueltos por el solvente, a partir de la mezcla, con preferencia a los otros. La extracción por solventes que emplea la distribución entre las fases líquido y líquido o líquido y sólido, es decir, las fases condensadas, es análoga en sus principios básicos.

La extracción por solventes se clasifica en varios tipos: Extracción líquido-líquido, lixiviación, lavado, - - extracción por precipitación, en este trabajo se tratará solo la extracción líquido-líquido. En este tipo de extracción la mezcla tratada es líquida y las dos fases (o capas) que resultan del tratamiento por solventes son ambas líquidas. La fase líquida rica en solvente que contiene el compo

-mente disuelto preferentemente o soluto, se llama capa extracto; la fase residual formada por el componente no disuelto, o diluyente y que corrientemente contiene un poco de disolvente, es la capa de refino o residuo.

El solvente puede ser parcialmente miscible (no con soluto) con uno o con ambos de los componentes de la alimentación. En casos especiales, encontrados con menor frecuencia en la práctica, el disolvente es esencialmente inmiscible con uno de los componentes de la alimentación. Se dice que el solvente es selectivo para el componente de la alimentación cuya proporción al otro es mayor en el extracto que en el residuo o en la alimentación inicial..

Una de las fases líquidas o ambas pueden contener sólidos disueltos. La sustancia disuelta (soluto) distribuida que se extrae puede ser líquida o sólida. Rara vez pueden formarse simultáneamente más de dos fases sólidas.

En la extracción puede tener lugar sólo el proceso físico de la disolución selectiva o en otros casos reacciones químicas entre la sustancia extraída y el disolvente o una sustancia disuelta presente.

Ordinariamente es una particular y simple sustancia química, sin embargo se consiguen algunas ventajas en las relaciones de equilibrio de fases que resultan empleando mezclas de líquidos como disolventes. Así con la adición de

un solvente secundario o un antidisolvente, puede mejorarse la selectividad del solvente primario y modificarse las proporciones de las dos capas u obtenerse miscibilidad parcial.

*Aplicación.*- La extracción por solventes encuentra aplicación en la separación de componentes de mezclas condensadas en las que los métodos de vaporización son impracticables. En general, la extracción por solvente se aplica a la separación de moléculas de distintos tipos químicos, mientras que la destilación es útil para la separación de moléculas de tamaños y pesos moleculares diferentes.

La extracción por solvente es un método valioso para la eliminación por trazas de impurezas y cuerpos coloreados, para la recuperación y purificación de una gran variedad de compuestos orgánicos y productos farmacéuticos y para líquidos que contengan gran cantidad de sólidos gomosos, los cuales dificultarían la transmisión de calor necesaria en el proceso de vaporización.

Un proceso de extracción consta de las tres operaciones siguientes:

- 1).- Mezcla de la sustancia a extraer y puesta de ésta en íntimo contacto con el disolvente;
- 2).- Separar las fases o las capas resultantes;
- 3).- Separación y recuperación del solvente en cada una de las fases para volverlo a utilizar.

La mezcla y la sedimentación son operaciones que constituyen un grupo o etapa de extracción.

El sistema puede ser de una sola etapa o de una serie de ellas, siendo lo último lo más frecuente en la práctica industrial. Ver Figura No. 2.

Una etapa en que se alcance el equilibrio entre las dos fases se dice que es una etapa de extracción ideal o teórica. El rendimiento de la etapa se mide por la aproximación con que se alcanza el equilibrio.

Un solo contacto.- En la práctica de laboratorio, la operación más común consiste en poner en contacto todas las cantidades de solvente y material a tratar (alimentación), una sola vez y luego recuperar el producto y disolvente sin hacer ninguna extracción posterior.

Contacto simple en múltiples etapas.- Consiste en que la cantidad de solvente total usada se divide en varias porciones. La extracción consiste luego en tratar a la alimentación con cada una de las porciones de solvente nuevo en una serie de etapas sucesivas. Esto es, el refino de la primera etapa de la extracción se trata con solvente nuevo en una segunda etapa y así sucesivamente, a medida que aumenta el número de etapas y la cantidad de disolvente, aumenta el porcentaje recuperado del componente extraído.

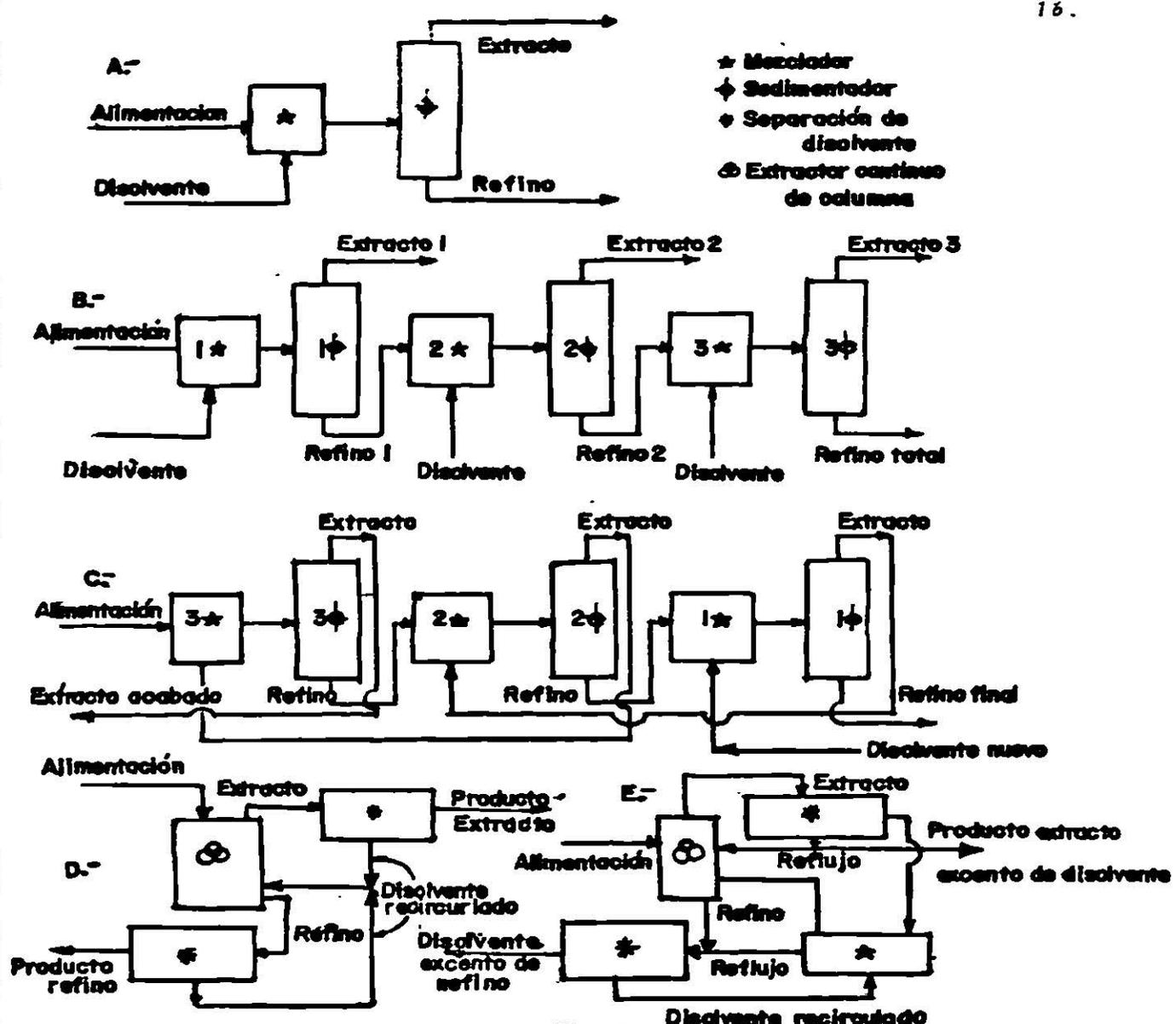


Fig. 2

A- Extracción por simple contacto, B- Extracción por simple contacto en múltiples etapas, tres etapas C- Extracción a contracorriente en múltiples etapas, tres etapas. D- Extracción a contracorriente verdadera continua. E- Extracción a contracorriente continua con refujo en el extracto y refino.

DIAGRAMAS ESQUEMATICOS DE CIRCULACION

*Regla de las fases.*- El principio conocido con el nombre de regla de las fases se aplica, por lo general a equilibrios entre fases y proporciona un método útil para interpretar y clasificar esos equilibrios se expresa por medio de la ecuación:

$$F + L = C + Z$$

en la que  $F$  es el número de fases presentes en equilibrio,  $C$  el número de componentes en el sistema y  $L$  el número de grados de libertad.

Una fase es cualquier porción homogéna de un sistema limitada por una superficie y que puede separarse mecánicamente de las otras porciones (fases) del sistema. El número mínimo de constituyentes independientes variables, necesario para expresar la composición de cada fase de un sistema en equilibrio es el número de componentes del sistema. El número de componentes se determina, pues, en parte por los equilibrios establecidos así como por las sustancias presentes.

Los grados de libertad se definen por el número de cantidades variables independientes, tales como temperatura, presión y concentración, que pueden modificarse a voluntad sin producir ninguna alteración en el número de fases, o bién, por el número de variables que tienen que fijarse arbitrariamente para definir por completo el sistema.

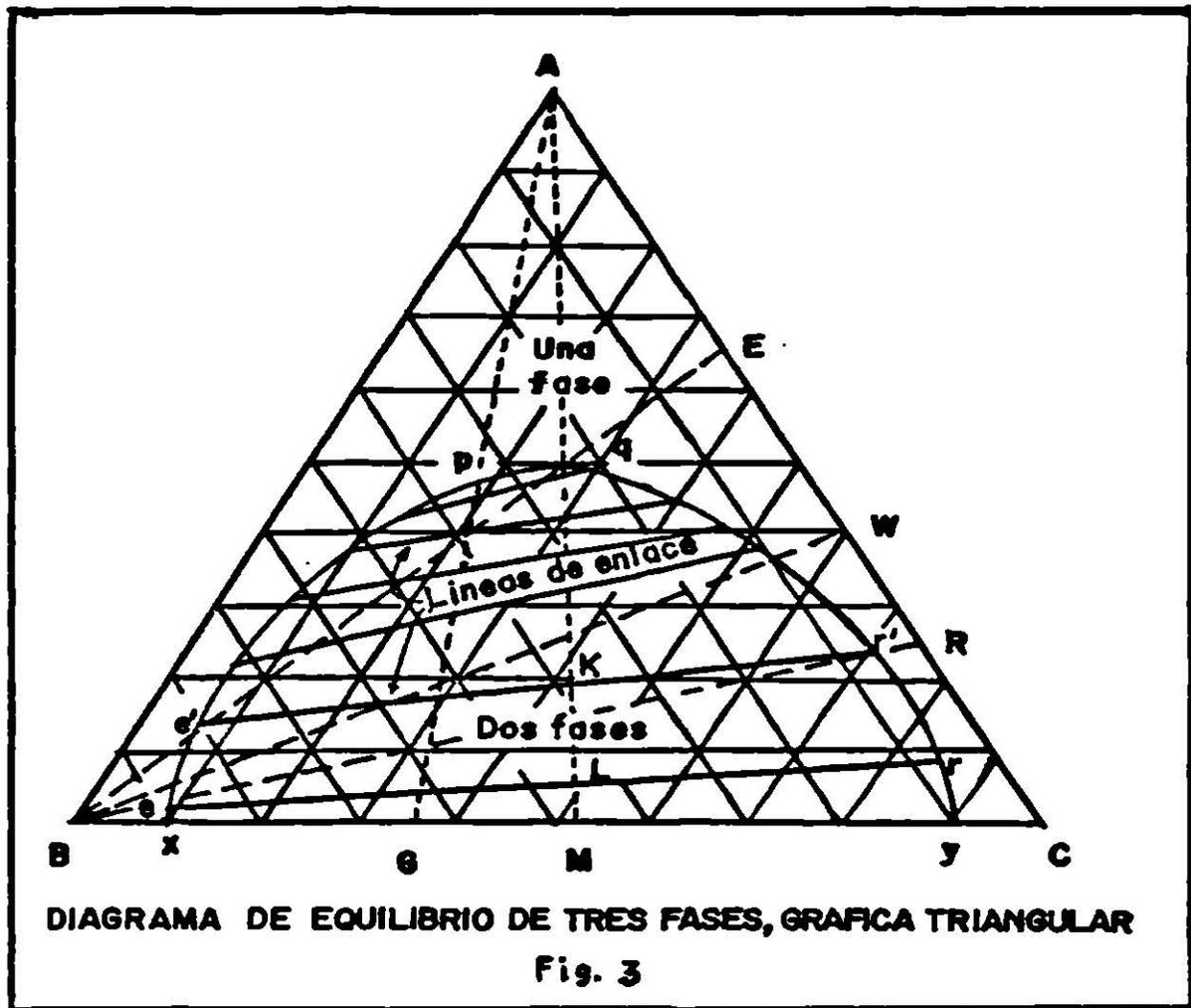
*Equilibrio de fases en los sistemas condensados.-*

Para el proyecto de un proceso de extracción por solventes, son esenciales datos cuantitativos de equilibrios de fases (líneas de enlace o unión) y de la solubilidad.

*Relaciones de fase en un diagrama triangular.-*

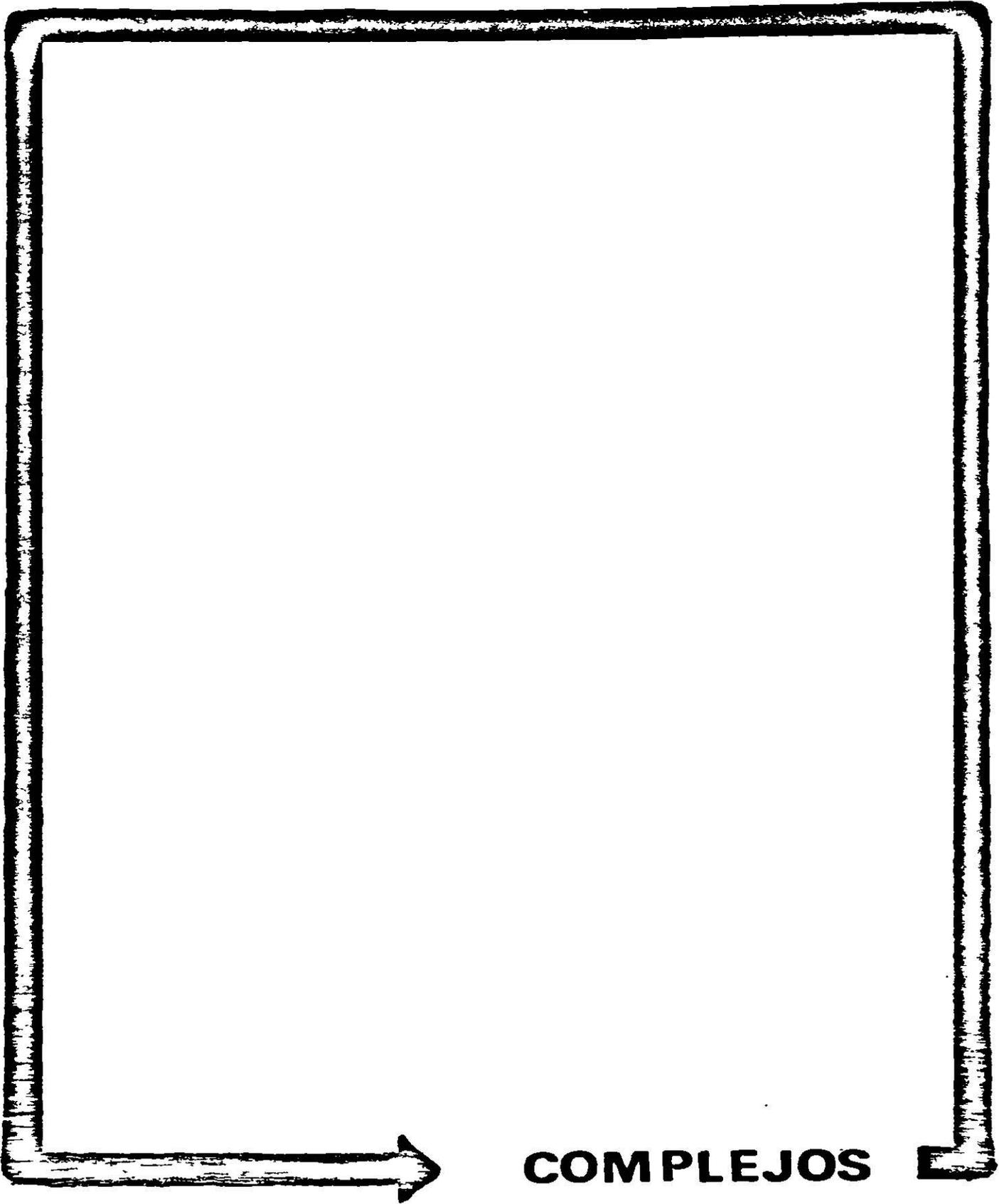
Consideremos un sistema compuesto de tres componentes líquidos, A.B.C. a una temperatura constante cualquiera. Supongamos A miscible con B y C en todas las proporciones, - en tanto que B y C solo son parcialmente miscibles. Consultando la Figura No. 3, la distancia Bx representa la solubilidad de C en B; Cy la solubilidad de B en C. Una mezcla binaria situada entre x e y como m, se separa en dos capas o fases, una capa saturada de la composición x que contendrá B en proporción mayor y una capa saturada y que contendrá C en proporción mayor; el peso de la capa x es al de la capa y como la distancia My es a Mx.

La curva xpqy es la isoterma de saturación a la que se dá a veces el nombre de curva binodal. Esta curva representa el límite entre la región homogénea o de una sola fase y la heterogénea de dos fases. La adición de A en una proporción cualquiera a las mezclas B y C que contengan menos del 7% o más del 89% de C aproximadamente, dá un sistema que solo tiene una capa o fase si se añade a A una mezcla comprendida entre x E y, como M, en una proporción



tal que forme una mezcla cuya composición caiga dentro de la curva, por ejemplo, K o L, la mezcla resultante se separa, en el estado de equilibrio, en dos capas o fases, Las composiciones de estas dos capas ternarias que están en equilibrio, capas conjugadas, se encontrarán sobre los lados opuestos de la curva de saturación  $xpqr$ , por ejemplo sobre los puntos  $e$  y  $r$  y  $e'$  y  $r'$ , respectivamente. Las rectas que unen las composiciones de estas dos capas conjugadas o en equilibrio sobre la curva de saturación se denominan líneas de enlace o conexión. El componente A puede considerarse que se autodistribuya entre las dos capas conjugadas.

Las líneas de enlace se van haciendo cada vez más cortas a medida que aumenta la cantidad de A en la mezcla, las composiciones de las otras capas conjugadas, se acercan la una a la otra y finalmente se hacen idénticas. Se confunden en un punto definido  $p$ , al que se da el nombre de punto crítico. Por encima de este punto y fuera de la curva solo puede existir una sola capa.



**COMPLEJOS**

## " C O M P L E J O S "

La complejometría es una técnica para la determinación analítica directa o indirecta de los elementos o compuestos por medición del complejo soluble formado en principio, cualquier compuesto que forme cuantitativamente un complejo con un ión metálico puede ser usado en complejometría si se dispone de un medio adecuado para determinar el punto de equivalencia.

Muchísimas reacciones dan iones complejos o moléculas neutras sin disociar, pero pocas pueden usarse para valoración, pues la mayoría de los complejos son demasiado inestables para la valoración cuantitativa.

Para que un formador de complejos pueda servir ha de satisfacer los siguientes requisitos:

- a).- Formar un complejo definido.
- b).- Reaccionar cuantitativamente sin reacciones secundarias.
- c).- El valorante y el complejo han de ser estables.
- d).- La reacción ha de ser rápida.
- e).- Se ha de disponer de medios para determinar el punto de equivalencia.

Al principiar el siglo actual se hicieron importantes estudios sobre los compuestos complejos tanto orgánicos

como inorgánicos y se expresó que en ellos la fuerza que une a los iones metálicos con otros iones, radicales o moléculas, no corresponden a las valencias normales sino a otras de carácter auxiliar, mediante las cuales se forman los complejos. Estas valencias de carácter auxiliar son valencias coordinadas o covalencias, las cuales pueden ser dos, cuatro o seis llamándose números de coordinación.

La formación de iones complejos es una propiedad muy característica de los elementos de transición basada en la existencia de orbitales vacíos. Las moléculas binarias sencillas o los compuestos derivados de ellas por substituciones sencillas de algunos de sus átomos, se consideran compuestos de primer orden.

Cuando una molécula no puede ser considerada como derivada de la substitución de un átomo de una molécula de primer orden, o cuando dos moléculas de primer orden se unen y forman compuestos más complicados, se dice que estos son de orden superior, uno o varios átomos están unidos por enlaces coordinador, se tendrá una molécula compleja.

La cualidad de los elementos de transición es la de ser todos metales, puesto que en su capa externa de sus átomos contienen muy pocos electrones. No obstante y a diferencia de los metales de los grupos I y II, los de transición suelen ser duros, friables y de elevado punto de fusión.

Estas diferencias se deben en parte al tamaño extremadamente reducido de sus átomos.

Es característico de los elementos de transición - que en sus compuestos exhiban numerosos estados de oxidación quizá porque algunos o todos los electrones 3d son utilizables, junto con los 4s.

La mayoría de las combinaciones de los elementos de transición son coloreados, tanto en forma de sales sólidas como en disolución. Esto parece indicar que existen en ellas niveles de energía electrónica suficientemente próximas para que los electrones puedan absorber luz con facilidad, también es típico de estos elementos sus gran capacidad para formar iones complejos. Además los iones sencillos pueden hidrolizarse, extensamente los colores que presentan las combinaciones de los metales de transición se explican también por la presencia de los electrones 3d.

La luz blanca consta de todos los colores, a cada uno de los cuales corresponde una determinada energía. Cuando la luz actúa sobre un átomo, su energía solo puede pasar a él si su valor coincide exactamente con el que el átomo necesita para que uno de sus electrones salte a un nivel energético superior. En los elementos de transición, la energía precisa para elevar un electrón 3d a un nivel

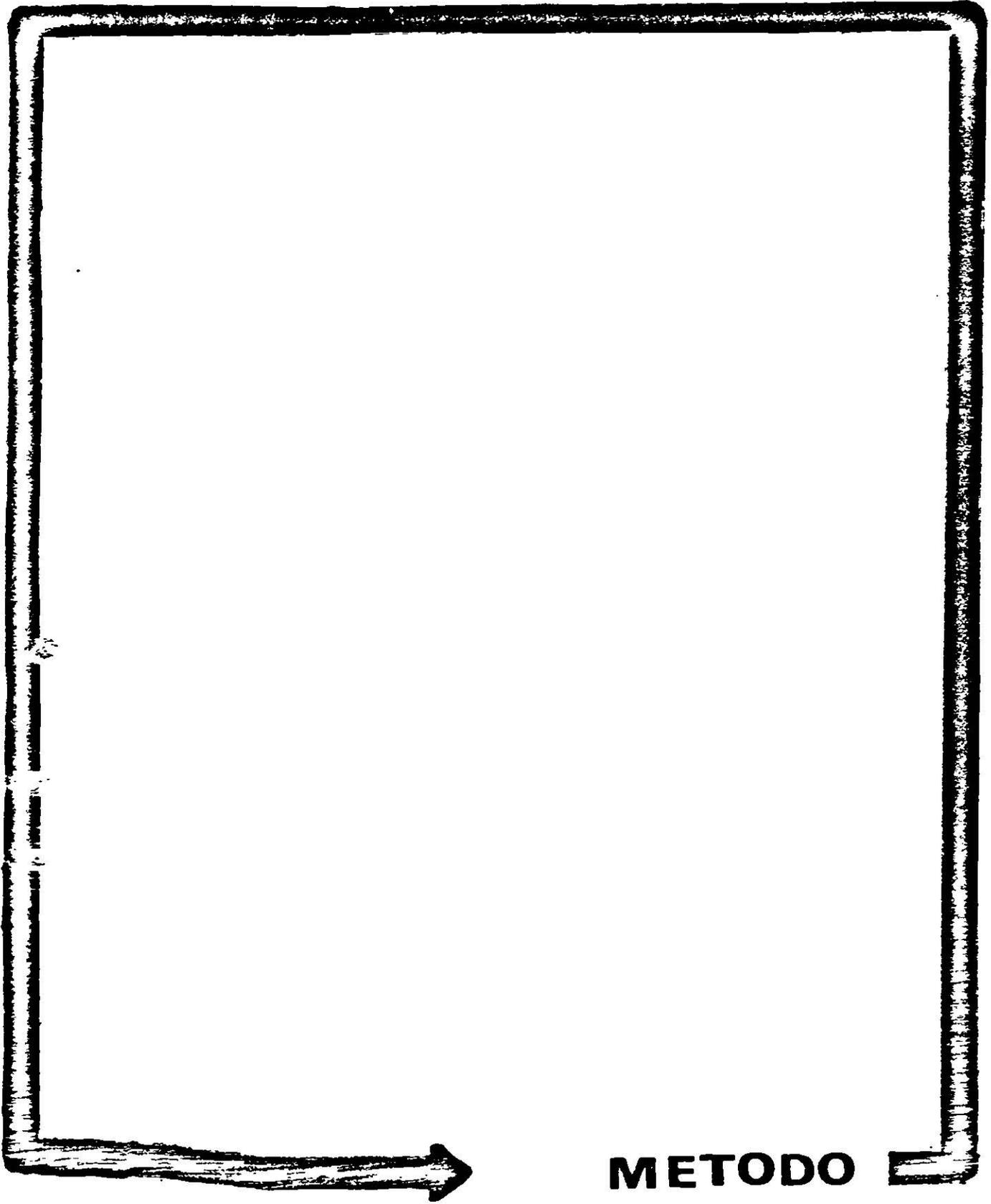
más alto, parece ser exactamente igual a la energía observada en ciertos colores de la luz visible. He aquí que - cuando la luz blanca incide sobre un compuesto de un metal de transición, algunos de sus colores componentes sean absorbidos provocando la extinción de determinados electrones 3d. La luz quedará incompleta a falta de algunos colores (los absorbidos), y el conjunto ni puede producir la impresión de la luz integral o blanca.

Un complejo se diferenciará de una sal doble o de una combinación molecular, cuando al ser puesto en agua, no se disocie apreciablemente en los iones que lo constituyen.

A pesar del desarrollo sorprendente y cada vez mayor de la teoría de los enlaces químicos, no es posible - considerar que se haya llegado a una explicación completa y convincente de la constitución de un complejo.

Se dijo que regularmente el núcleo o átomo central es un átomo ionizado electropositivamente, dicho átomo en virtud de su carga ejercerá una atracción sobre cualquier partícula de carga eléctrica opuesta que exista en su vecindad. Aparentemente, la intensidad de la atracción será mayor cuanto más pequeños sean los iones y mayor la carga.

El enlace coordinado que es necesario para que un conjunto de partículas asuma el carácter de complejo es - un enlace orientado en el espacio y en el cual se logra - una configuración electrónica estable para la coparticipación de uno o más pares de electrones. El enlace coordinado es considerado por algunos autores como un enlace covalente, en el cual una sola partícula, contribuye al enlace con dos electrones apareados. Con la palabra coordinado se busca una relación entre las ideas tradicionales y los conceptos modernos de la química electrónica.



**METODO**

Después de pesar la muestra y disolverla en el disolvente adecuado, antes de que un componente dado pueda ser aislado en forma pesable es necesario realizar una o más separaciones de ciertos componentes, que de otra manera interferirían con los resultados cuantitativos por precipitar parcial o completamente al lado del componente - que se determina o por algún otro efecto.

Una separación es un procedimiento utilizado para dejar el componente deseado fuera de la acción de sustancias que interfieran.

La realización de las separaciones cuantitativas - es una de las operaciones más importantes del análisis - cuantitativo y además, con la probable excepción de la - operación de la toma de muestras de materiales heterogéneos, es la fuente más numerosa de los errores que pueden cometerse en muchos análisis. Para efectuar estas separaciones se dispone de varios métodos, la mayoría de los - cuales son los mismos que los del análisis cualitativo, - aunque realizados con mayor cuidado y a menos que se conozcan todos los constituyentes de la muestra, es necesario la realización previa de un análisis cualitativo. La elección de los métodos utilizados para la separación y determinación de los componentes de un problema se basa unas veces en el material que se dispone y otras en la -

presencia de otro componente que pueda interferir con un cierto método escogido.

Para conseguir el aislamiento de los componentes de una sustancia a analizar, se dispone de una serie de procedimientos generales que se agrupan de acuerdo con la operación principal que se realiza en los mismos.

Muchos más compuestos inorgánicos de los que ordinariamente se cree son solubles en disolventes orgánicos no miscibles con el agua, lo cual puede utilizarse para separar, o incluso determinar la sustancias de este tipo de las que no presentan tal propiedad. De este modo se puede determinar mínimas cantidades de Molibdeno en suelos, plantas y aceros por característica producida por un tiocianato de Molibdeno, complejo que es soluble en los disolventes orgánicos, mientras que no lo es el tiocianato de Fierro.

Cuando se agita cierta cantidad de sustancia con dos disolventes inmiscibles y luego se dejan separar éstos por reposo al alcanzar el equilibrio la sustancia se encuentra distribuida entre los dos disolventes, permaneciendo constante la relación de las concentraciones de la sustancia en ambos disolventes, aún cuando varía la cantidad de sustancia inicialmente presente. Esta constante es lo que se llama coeficiente de distribución o de

reparto  $K$  cuyo valor se determina experimentalmente para cada soluto y cada par de líquidos inmiscibles, está definida por la expresión:

$$C_o / C_a = K$$

en la cual  $C_o$  representa la concentración de la sustancia en el disolvente orgánico y  $C_a$  la concentración de la sustancia en el agua. Estas concentraciones pueden expresarse en cualquier clase de unidades, por ejemplo:

*gr/lt, moles / lt, etc.*

Una de las principales ventajas de este método de separación son la rapidez, supuesto que al agitarlos los dos líquidos no formen emulsiones más o menos estables y la eliminación prácticamente total de los fenómenos de adsorción.

Las extracciones se realizan usualmente en embudos de separación provistos de llaves de paso. El diámetro de estos embudos disminuye cerca de la llave a fin de que sea más pequeña la superficie del menisco de la zona de separación de los dos líquidos y se pueda separar perfectamente la capa inferior. Cuando los dos líquidos se separan con dificultad puede acelerarse su separación por centrifugación.

Bastantes cloruros inorgánicos son solubles en el éter etílico cuando se agita con el mismo una disolución acuosa de los mismos, acidulada con ácido clorhídrico.

Como resulta que la concentración de la sustancia en el disolvente inmiscible se encuentra en el numerador de la expresión que define el coeficiente de reparto, la extracción será tanto más completa cuanto mayores sean los valores del coeficiente de reparto. Además de la eficacia de la separación, está en razón directa con el volumen del disolvente inmiscible y con la potencia igual al número de extracciones efectuadas. Por otro lado la extracción es tanto más eficaz cuanto más concentrada está la disolución acuosa.

El exámen crítico del procedimiento espectrofotométrico de tiocianato para Molibdeno y Wolframio, es parte de un programa más completo en la aplicación de este medio para la determinación de trazas de iones metálicos.

Si se sigue cuidadosamente el procedimiento descrito es más sensible, selectivo y seguro que otros métodos de tiocianato aplicado al análisis de otros metales. El tiocianato se ha empleado ampliamente en el análisis espectrofotométrico de un número de iones metálicos.

Este método se ha considerado por mucho tiempo uno de los más confiables para la determinación de pequeñas

cantidades de molibdeno. El desarrollo del complejo Mo (V) -CNS y la extracción del color en el éter fué aplicado hace 99 años.

Se descubrió que solamente el Mo (V) desarrolló los colores característicos los que han sido aplicados previamente en la determinación de este elemento, por lo que el mayor problema ha sido la reducción cuantitativa de Mo(VI) a Mo (V).

Métodos previos han logrado solo el 50 al 75% de la máxima intensidad posible del color. La principal dificultad ha sido lograr la reacción de reducción o estabilización del Mo (V) en solución.

Las adiciones en exceso de Sn(II) a la solución -- acuosa reaccionaron más fácilmente con el Mo (V) para reducir la absorbancia y este excedente de Sn ha sido la fuente de anteriores dificultades analíticas.

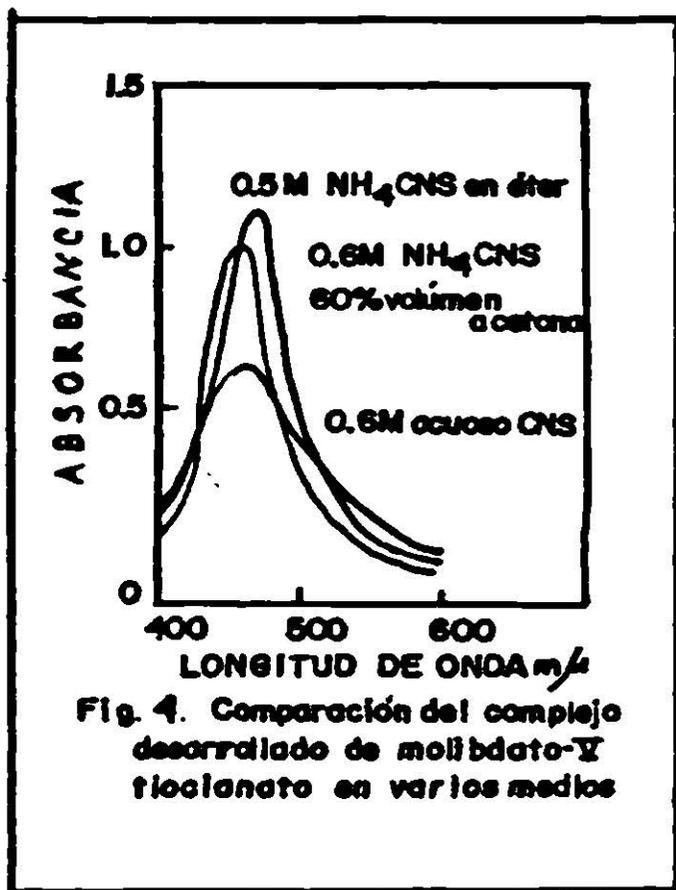


FIGURA No. 4.

Los picos de la absorción a 460 nm mostrados en la figura No. 4 se deben solo al complejo de Mo V-SCN y representa el máximo índice de absorción molar que se pueda obtener.

La reacción (I) muestra la rápida reducción directa de dos electrones de Mo (VI) a Mo (IV).

$\text{Mo (VI)} + \text{Sn (II)} \text{ ----} \rightarrow \text{Mo (IV)} + \text{Sn (IV (I))}$  se -  
 asume que esto es seguido rápidamente por la reacción (2)



se debe suponer que el Mo (VI) se agota rápidamente y no -  
 ocurre una reacción sensible con Mo (III). Se mostró inde-  
 pendentemente primero que las mezclas de Mo (V) y Mo - -  
 (III) no reaccionan para formar una mezcla compleja de va-  
 lencias y segundo el exceso moderado de Sn (II) no reduce  
 el Mo (V) en el medio tiocianato acetona.

Si la explicación anterior es exacta, el procedi-  
 miento correcto de la reducción puede ser prescrito inme-  
 diatamente por un agente reductor relativamente débil y -  
 preferentemente soluble, de un electrón capaz de pasar de  
 una etapa de Mo (VI) a Mo (V).

Otro método posible para el desarrollo del máximo  
 color basado en las reacciones 1 y 2 para reducir el Mo(VI)  
 cuantitativamente a Mo (IV) en medio clorhídrico está da-  
 do por:



Lo cual en cualquier caso reduce cuantitativamente  
 el Mo (VI) a Mo (III). La adición de reactivo tiocianato  
 acetona da un color no apreciable con Mo (III).

En ácido diluido, el Mo (V) inicialmente formó un complejo rojo de tiocianato el cual se transfiere lentamente a las especies más estables. El complejo rojo de tiocianato - Mo (V) tiene una máxima absorbancia a 512 nm. y el complejo naranja de tiocianato - Mo (V) es a 460 nm.

El volúmen de la solución de la muestra original no debe excederse de unos pocos mililitros y el fierro no debe estar más que en cantidades diminutas.

El análisis de trazas requiere un método que pueda aplicarse en presencia de mucho fierro y pequeñas cantidades de la mayor parte de los muchos otros elementos que probablemente se encuentren.

Los procedimientos utilizando  $\text{SnCl}_2$  como agente reductor y un solvente orgánico inmisible para extraer el complejo de Mo-SCN son los más útiles.

La principal razón para emplear un solvente inmisible en la extracción, es la de aumentar la sensibilidad del método, al mismo tiempo que se mejora la estabilidad del color y se obtiene separación de substancias coloreadas.

En los primeros procedimientos de extracción se usó éter etílico, como es un solvente demasiado volátil se ha reemplazado satisfactoriamente por solventes menos volátiles, tales como el alcohol isoamílico, ahora muy usado, su

solubilidad en el agua es de 3.3 ml/10 ml. a temperatura ambiente, este al separar deja limpia la fase acuosa.

Bick y Bingley encontraron cuando usaron alcohol isoamílico para extraer, que las cantidades de fierro que se necesitaban para dar el color plenamente desarrollado son proporcionales al molibdeno.

También explicaron el efecto del fierro acerca de la formación del complejo  $\text{Mo (III) Mo (V) O (CNS)}_5)_3$  en ausencia de fierro y el complejo de fierro  $(\text{II}) \text{---} (\text{Mo}) (\text{V}) \text{O (CNS)}_5$  en su presencia.

Esto se basa en la observación de que cuando el fierro está ausente, la intensidad del color del Mo es alrededor del 65% obtenido cuando una cantidad adecuada de fierro está presente. La curva de absorción es la misma.

Otra explicación está basada sobre un posible efecto de Fe (o Cu) sobre la reducción de Mo por  $\text{Sn Cl}_2$  lo cual como se ha visto parece dar Mo (V) y Mo (III) en iguales cantidades en ausencia de otros metales, esto es en presencia de fierro.

La variación de la temperatura de 15 a 30°C no tiene efecto significativo. El volúmen de la fase acuosa deberá dar aproximadamente constante. Retrasando la extracción a 90 minutos se encontró que la adición de  $\text{SnCl}_2$  dió una intensidad normal de color.

En solución ácida y en presencia de un agente reductor apropiado tal como cloruro estanoso el tiocianato da un color naranja con Mo. El compuesto coloreado es un complejo de Mo (V)-tiocianato, el cual puede ser extraído por éteres, alcoholes y ésteres.

Según Bakko se pueden formar varios complejos de Mo (V) en medio de tiocianato.



Se dice que las dos reacciones ocurren a una concentración de 0.05 y 0.08 M respectivamente. A una concentración superior de 0.2 - 0.4 M tiene lugar una debilitación del color rojo.

Se cree que en solución ácido el Sn (II) reduce el Mo (VI) rápidamente a Mo (IV) el cual después se descompone a Mo (V) y Mo (III) solamente el Mo (V) da un complejo coloreado con CNS.

Reactivos.

HF

HCl concentrado

HN03

Fenolftaleina (solución al 1% en alcohol etílico)

NaOH (solución saturada aproximadamente 60%)

Solución de KCNS (solución al 10% de agua)

Solución de  $\text{SnCl}_2$  (solución al 10% en agua)

Alcohol isoamílico

Eter etílico.

Se pesa un gramo de muestra, se pasa a un vaso de precipitado de 150 ml. se humedece con 20 ml. de agua, se agregan de 3 a 5 ml. de HF, enseguida 15 ml. de HCl y 5 ml. de  $\text{HNO}_3$  se tapa el vaso con un vidrio de reloj en la placa a sequedad, se deja enfriar y se agregan 10 ml. de HCl caliente, se agregan 20 ml. de agua aproximadamente lavando la tapa y paredes del vaso, se pasa a un matraz de 200 ml, se ponen 3 gotas de fenolftaleína y de 5 a 10 ml. de NaOH hasta una reacción francamente alcalina, se agregan unas piedritas de SIC se calienta en la placa, hasta el punto de ebullición; se agrega agua, se enfría bien se afora y se mezcla, se filtra sobre filtro seco y se recibe en un vaso de 250 ml., se pasa a un embudo de separación 50 ml. de la solución problema y 5 gotas de fenolftaleína.

Se neutraliza gota a gota con HCl, se añaden 4 gotas de  $\text{HNO}_3$ , se agregan 5 ml. de  $\text{SnCl}_2$  más de 20 alcohol isoamílico, agitando fuertemente durante un minuto, dejar reposar y deshechar la parte acuosa.

En el caso de doble extracción, la parte acuosa se

recoge y se trata de nuevo con alcohol isoamílico, sumando la segunda extracción a la primera. Para las extracciones con éter etílico, es el mismo procedimiento que para el alcohol isoamílico.

Se efectuaron análisis para la determinación de molibdeno en soluciones patrón de concentraciones de : 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09 y 0.10 mgs./ml, obteniéndose 4 gráficas diferentes.

La fase orgánica se pasa a un tubo de ensaye, se afora a 25 ml. con alcohol isoamílico, se mezcla bien.

Se filtra en embudo seco sobre lana de vidrio, se recibe un tubo y se lee la transmitancia de la solución en espectrofotómetro Spectronic 20, con filtro de 470 nm.

PM MoO

PM MoO<sub>3</sub> 143.94

143.94 gr MoO<sub>3</sub> x 1 gr Mo + 96.94 gr Mo = 1.503 gr MoO<sub>3</sub>

PA Mo 96.94

SOLUCION "A"

1.503 gr MoO — 1000 ml H<sub>2</sub>O

1 mgr Mo — 1 ml de solución "A"

SOLUCION "B"

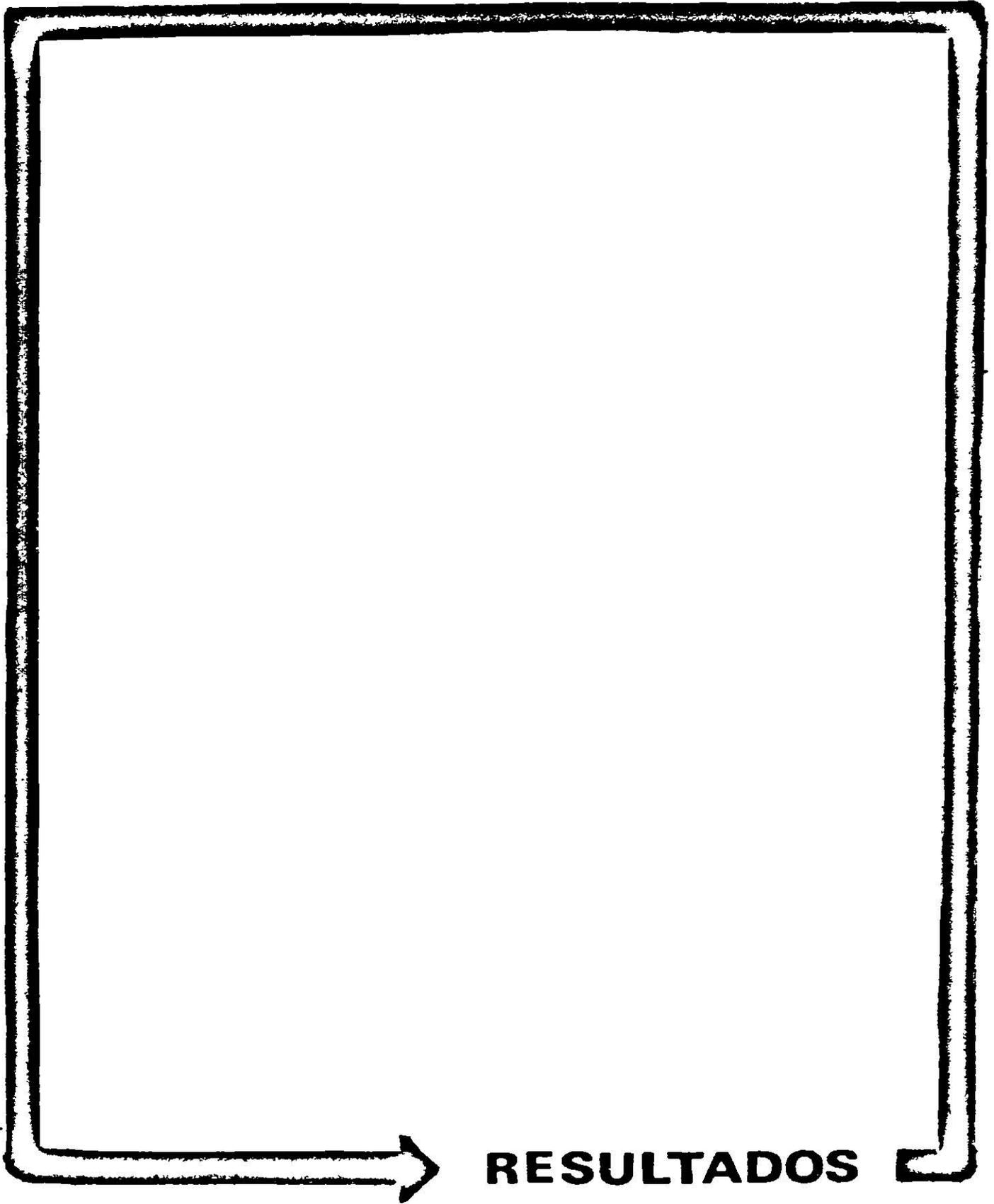
5 ml de solución "A" — 500 ml H<sub>2</sub>O

1 mgr Mo — 100 ml de solución "B"

SOLUCION "C"

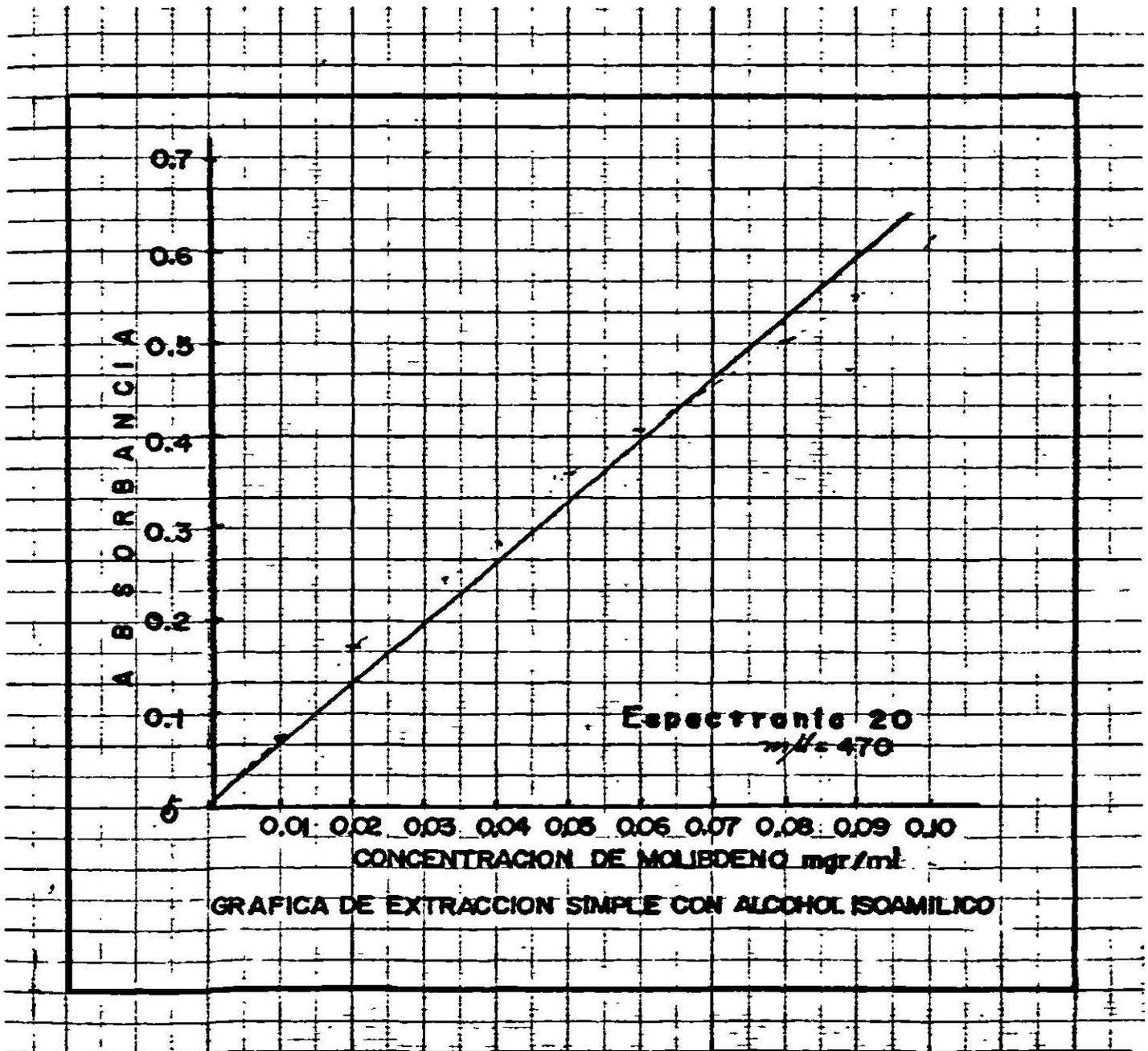
100 ml de solución "B" — 500 ml H<sub>2</sub>O

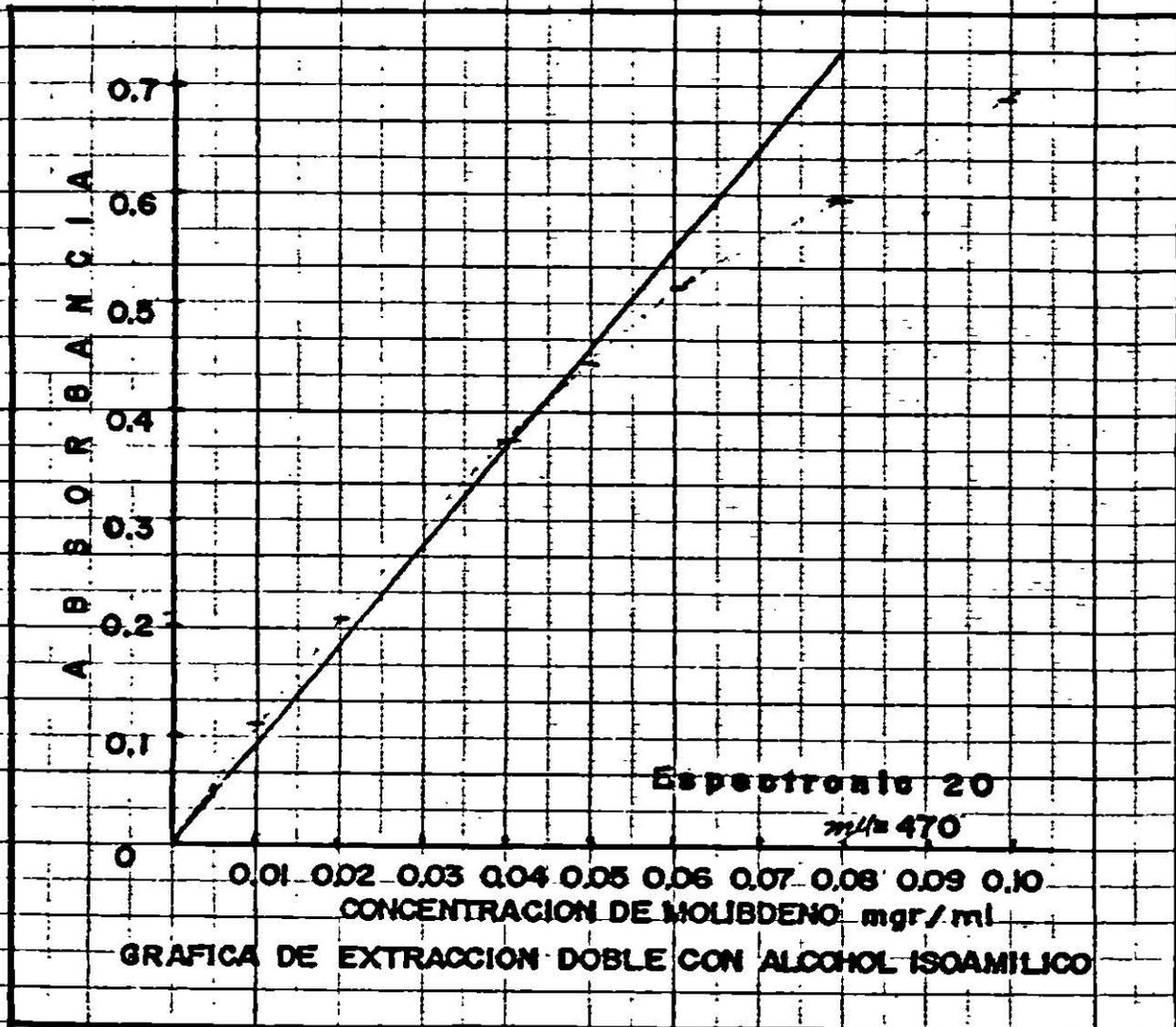
0.02 mgr Mo — 10 ml de solución "C"



**RESULTADOS**

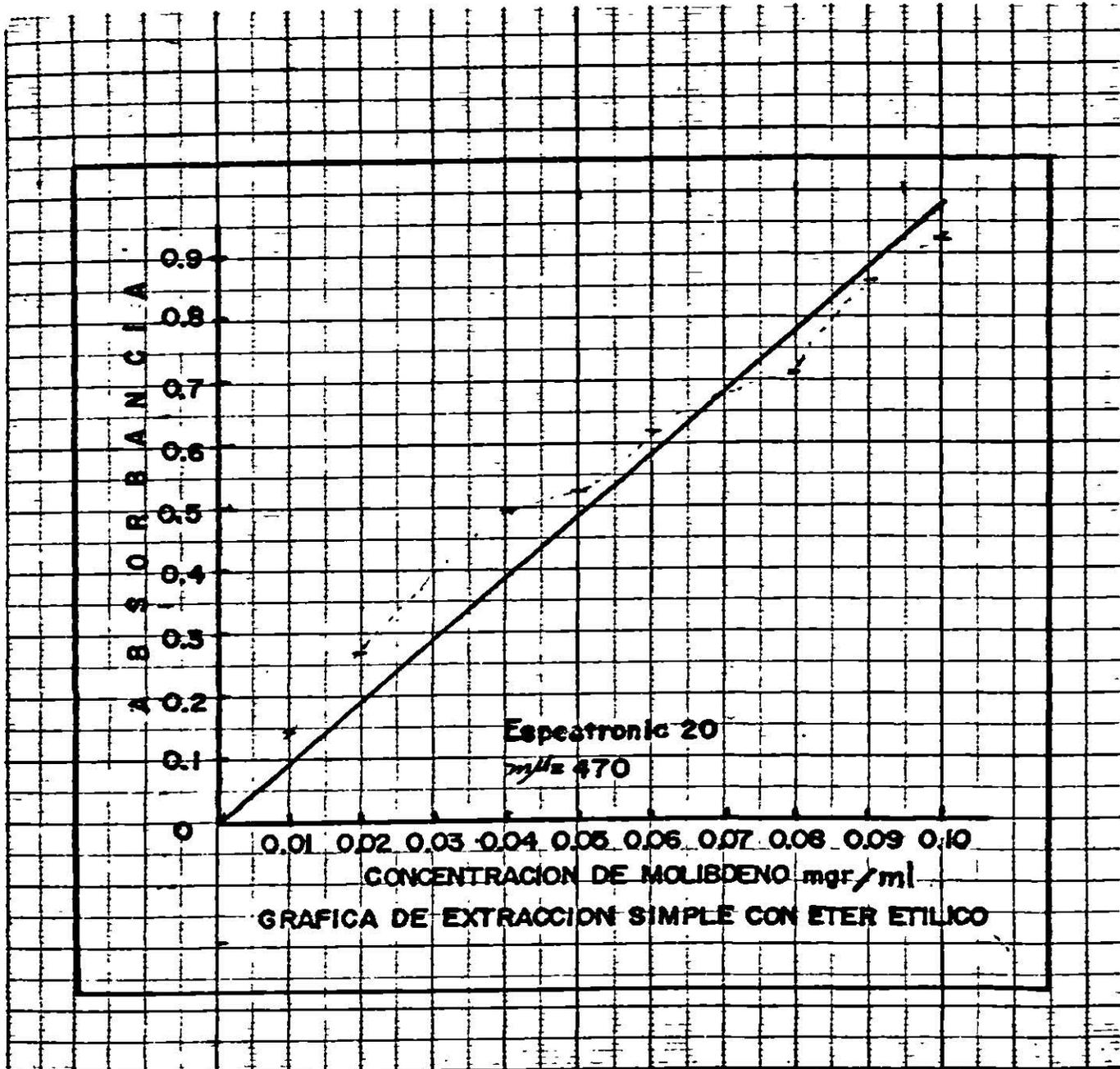
<b>TABLA No.1 EXTRACCION CON ALCOHOL ISOAMILICO</b>		
<b>CONCENTRACION</b>	<b>A B S O R B A N C I A</b>	
<b>mgr</b>	<b>EXTRACCION SIMPLE</b>	<b>EXTRACCION DOBLE</b>
<b>0.01</b>	<b>0.0719</b>	<b>0.1134</b>
<b>0.02</b>	<b>0.1732</b>	<b>0.2073</b>
<b>0.04</b>	<b>0.2833</b>	<b>0.3768</b>
<b>0.05</b>	<b>0.3564</b>	<b>0.4436</b>
<b>0.06</b>	<b>0.4089</b>	<b>0.5156</b>
<b>0.08</b>	<b>0.5011</b>	<b>0.5934</b>
<b>0.09</b>	<b>0.5527</b>	<b>0.5870</b>
<b>0.10</b>	<b>0.6197</b>	<b>0.6882</b>

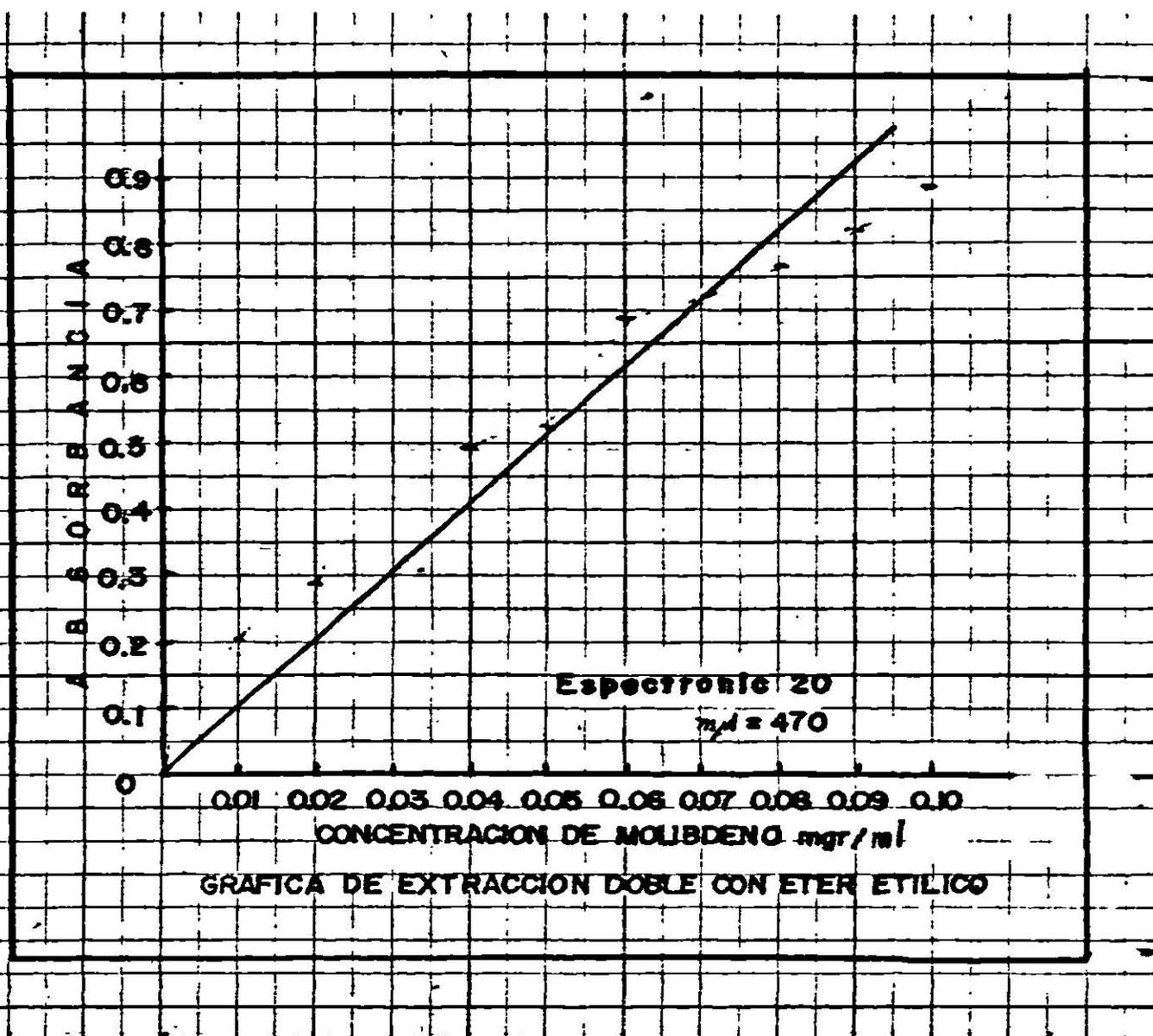




**TABLA No. 2 EXTRACCION CON ETER ETILICO**

CONCENTRACION	A B S O R B A N C I A	
	EXTRACCION SIMPLE	EXTRACCION DOBLE
mgr		
0.01	0.1425	0.2073
0.02	0.2674	0.2823
0.04	0.4913	0.4913
0.05	0.5224	0.5201
0.06	0.6191	0.6875
0.08	0.7101	0.7686
0.09	0.8551	0.8240
0.10	0.9206	0.8860



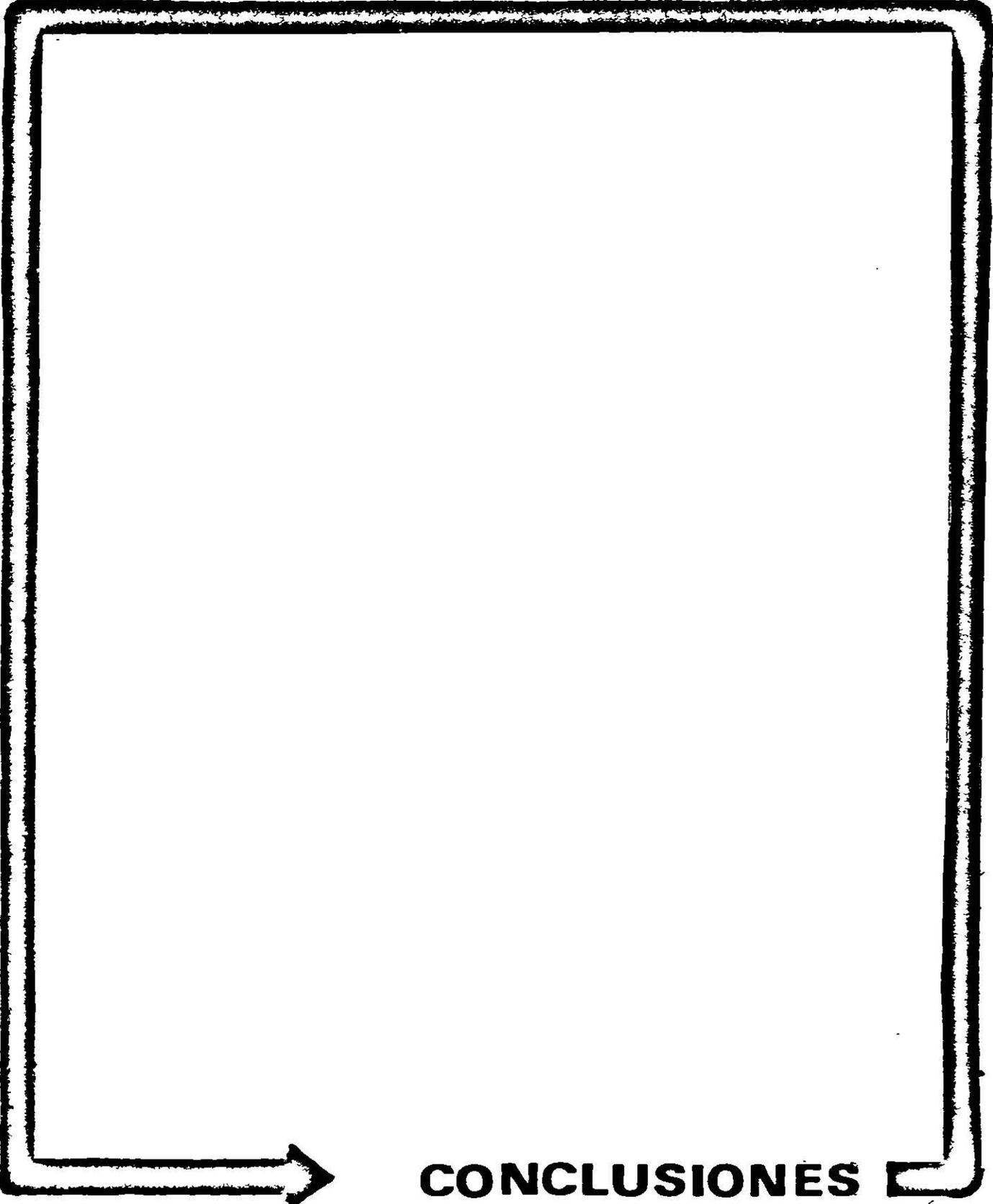


<b>TABLA No.3 EXTRACCION CON ALCOHOL ISOAMILICO</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>CONCENTRACION %</b>	
<b>No.</b>	<b>EXTRACCION SIMPLE</b>	<b>EXTRACCION DOBLE</b>
<b>1</b>	<b>0.0564</b>	<b>0.0533</b>
<b>2</b>	<b>0.0330</b>	<b>0.0300</b>
<b>3</b>	<b>0.0820</b>	<b>0.0754</b>
<b>4</b>	<b>0.0100</b>	<b>0.0900</b>
<b>5</b>	<b>0.0660</b>	<b>0.0588</b>
<b>6</b>	<b>0.0558</b>	<b>0.0510</b>
<b>7</b>	<b>0.0388</b>	<b>0.0312</b>
<b>8</b>	<b>0.0423</b>	<b>0.0400</b>
<b>9</b>	<b>0.0458</b>	<b>0.0388</b>
<b>10</b>	<b>0.0623</b>	<b>0.0576</b>
<b>11</b>	<b>0.0747</b>	<b>0.0716</b>
<b>12</b>	<b>0.0283</b>	<b>0.0222</b>
<b>13</b>	<b>0.0480</b>	<b>0.0398</b>
<b>14</b>	<b>0.0840</b>	<b>0.0756</b>

<b>TABLA No. 4 EXTRACCION CON ETER ETILICO</b>		
<b>MUESTRA</b>	<b>CONCENTRACION %</b>	
<b>No.</b>	<b>EXTRACCION SIMPLE</b>	<b>EXTRACCION DOBLE</b>
<b>1</b>	<b>0.0453</b>	<b>0.0406</b>
<b>2</b>	<b>0.0288</b>	<b>0.0198</b>
<b>3</b>	<b>0.0733</b>	<b>0.0720</b>
<b>4</b>	<b>0.0821</b>	<b>0.0798</b>
<b>5</b>	<b>0.0846</b>	<b>0.0798</b>
<b>6</b>	<b>0.0568</b>	<b>0.0678</b>
<b>7</b>	<b>0.0511</b>	<b>0.0569</b>
<b>8</b>	<b>0.0499</b>	<b>0.0487</b>
<b>9</b>	<b>0.0458</b>	<b>0.0378</b>
<b>10</b>	<b>0.0598</b>	<b>0.0746</b>
<b>11</b>	<b>0.0337</b>	<b>0.0254</b>
<b>12</b>	<b>0.0692</b>	<b>0.0662</b>
<b>13</b>	<b>0.0394</b>	<b>0.0263</b>
<b>14</b>	<b>0.0810</b>	<b>0.0727</b>

<b>TABLA No.5 EXTRACCION CON ALCOHOL ISOAMILICO</b>				
<b>ESTABILIDAD DEL COLOR</b>				
<b>CONCENTRACION</b>	<b>% TRANSMITANCIA</b>			
<b>m g r</b>	<b>0 Min.</b>	<b>30 Min.</b>	<b>60 Min.</b>	<b>90 Min.</b>
<b>0.01</b>	<b>85.0</b>	<b>85.0</b>	<b>84.5</b>	<b>84.0</b>
<b>0.02</b>	<b>67.0</b>	<b>67.0</b>	<b>67.0</b>	<b>66.0</b>
<b>0.04</b>	<b>52.0</b>	<b>52.0</b>	<b>51.0</b>	<b>50.0</b>
<b>0.05</b>	<b>44.0</b>	<b>44.0</b>	<b>43.5</b>	<b>43.0</b>
<b>0.06</b>	<b>39.0</b>	<b>39.0</b>	<b>38.5</b>	<b>38.0</b>
<b>0.08</b>	<b>31.5</b>	<b>31.5</b>	<b>31.0</b>	<b>30.5</b>
<b>0.09</b>	<b>28.0</b>	<b>28.0</b>	<b>27.0</b>	<b>26.5</b>
<b>0.10</b>	<b>24.0</b>	<b>24.0</b>	<b>23.5</b>	<b>23.0</b>

<b>TABLA No. 6 EXTRACCION CON ETER ETILICO</b>				
<b>ESTABILIDAD DEL COLOR</b>				
<b>CONCENTRACION</b>	<b>% TRANSMITANCIA</b>			
<b>m gr.</b>	<b>0 Min.</b>	<b>30 Min</b>	<b>60 Min</b>	<b>90 Min</b>
<b>0.01</b>	<b>72.0</b>	<b>72.0</b>	<b>71.5</b>	<b>71.0</b>
<b>0.02</b>	<b>54.0</b>	<b>54.0</b>	<b>53.5</b>	<b>53.0</b>
<b>0.04</b>	<b>35.5</b>	<b>35.5</b>	<b>35.0</b>	<b>34.0</b>
<b>0.05</b>	<b>30.0</b>	<b>30.0</b>	<b>30.0</b>	<b>29.0</b>
<b>0.06</b>	<b>24.0</b>	<b>24.0</b>	<b>23.5</b>	<b>23.0</b>
<b>0.08</b>	<b>19.5</b>	<b>19.5</b>	<b>19.0</b>	<b>18.5</b>
<b>0.09</b>	<b>15.5</b>	<b>15.5</b>	<b>15.0</b>	<b>14.0</b>
<b>0.10</b>	<b>12.0</b>	<b>12.0</b>	<b>11.5</b>	<b>11.0</b>



**CONCLUSIONES**

Aunque la extracción con solvente ha sido familiar a la química, sólo en años recientes se ha logrado reconocer entre analistas como una técnica de separación poderosa. En vista del reciente reconocimiento, sólo hay un número limitado de libros y revistas sobre el tema.

El campo de la extracción con solventes convenientemente puede ser dividido mejor en dos grupos inorgánicos y orgánicos.

Recientemente West ha sugerido extracciones de líquido-líquido a análisis inorgánicos con referencia particular a análisis metalúrgicos.

Las revistas de *Analytical Chemistry* presentan un excelente estudio, tratando el tema de extracción orgánica y distribución a contracorriente. También diversos libros y revistas se han escrito sobre aspectos de ingeniería de extracción con solvente.

Se pueden reconocer realmente dos maneras de formación de complejos. Estas son coordinación y asociación de iones, basado lógicamente en el signo de la carga del ión apareado del miembro conteniendo el metal.

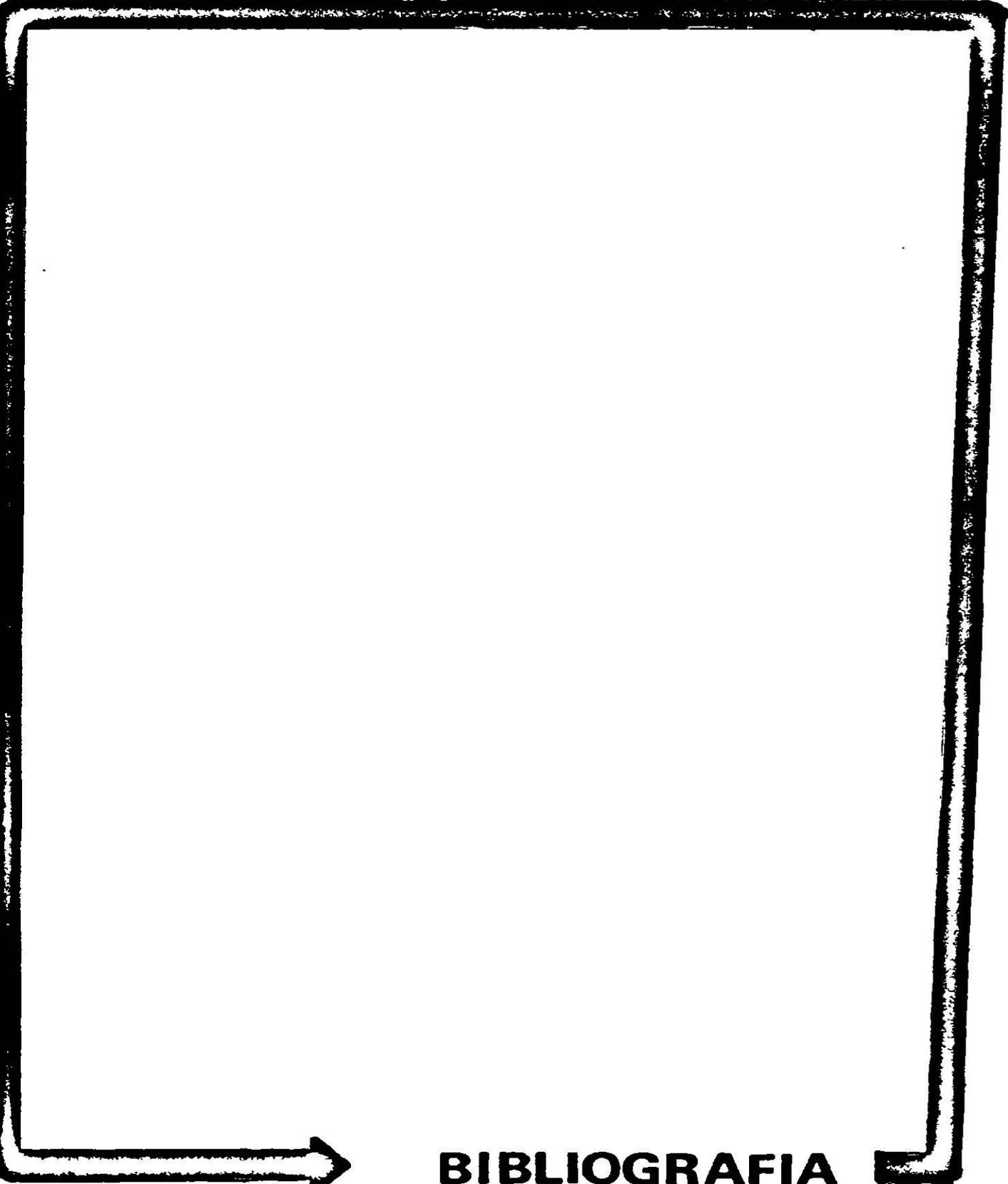
Se ha propuesto un modelo basado en 3 esenciales aspectos comunes a todos los procesos de extracción. Estos pasos incluyen:

La formación de un complejo, la distribución del complejo extraíble e interacciones químicas del complejo en la fase orgánica. Se analizaron por Molibdeno 14 muestras de Barreno procedentes de las Salinas, Guerrero.

Se efectuó el análisis de Molibdeno con una y dos extracciones utilizando Éter Etilico como solvente para unas de las pruebas y como segundo solvente, alcohol isoamílico.

El objeto de este estudio fue determinar primero - cual es el mejor solvente para extracción del complejo formado, encontrándose que tal es el alcohol isoamílico, puesto que el éter etílico es altamente volátil; y en segundo lugar establecer el grado de recuperación del elemento Mo como complejo con una segunda extracción con cada solvente, encontrándose que la extracción simple con alcohol isoamílico da mejores resultados que en las tres determinaciones restantes.

También se efectuaron mediciones de la lectura en el espectrofotómetro de las soluciones de Molibdeno, a intervalos regulares de tiempo (cada 1/2 hora) para establecer el límite máximo de estabilidad del color, dado que este es un factor importante pues al llegar a un tiempo determinado la coloración establece inicial empieza a disminuir produciendo errores analíticos en la medición, que a la vez afectan los resultados finales.



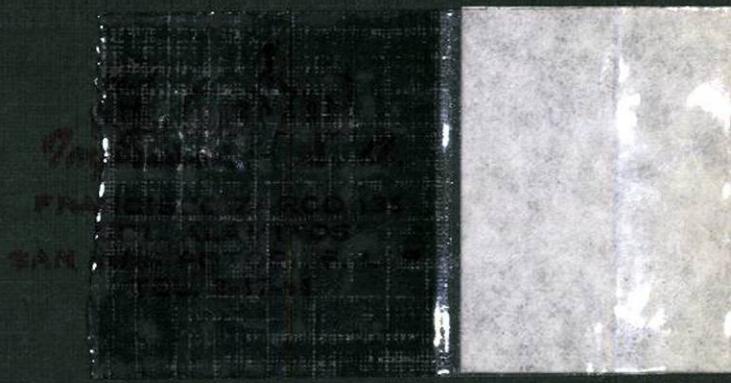
**BIBLIOGRAFIA**

B I B L I O G R A F I A

- BARGALLO M., *Tratado de Química Inorgánica*, 2a. Ed., México Ed. Porrúa 1972.
- BERMEJO M.B. *Profr. Dr., Tratado de Química Analítica* Imprenta del Seminario Conciliar, Santiago Compostela 1958.
- CROUTHAMEL, C.E., and Johnson, C.E., *Anal. Chem.* 26, 1285 (1954).
- GLASSTONE Samuel, *Tratado de Química-Física* 7a. Ed. Madrid (España) Ed. Aguilar 1970.
- KIRK-OTHMER., *Enciclopedia de Tecnología Química.* Vol. 1.1 y 7 UTEA.
- SANDELL, E.B., *Colorimetric Set. of Traces of Metals* Vol. III 3a. Ed., New York, 1944
- SHERWOOD. *Tik., Absorption and Extraction* New York Mc. Graw-Hill Co. 1952

SIENKO, M.J., Robert A. Plane. *Química*, 7a. ed., Madrid  
(España) Ed. Aguilar, 1971.

WILLARD H.H., Merritt, L.L. Jr y Dean, J.A. *Métodos  
Instrumentales de Análisis* 4a. ed. México  
Continental 1972.



FRAGILE  
HANDLE WITH CARE  
NO STAMPING OR WRITING