

TRABAJOS DE COLABORACION

DEPARTAMENTO DE QUIMICA ANALITICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA. DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES QUIMICAS DEL C.S.I.C. EN GRANADA

DETERMINACIONES ESPECTROFOTOMETRICA Y VALORACION FOTOMETRICA DE Cu(II) CON EL ACIDO FURFURILIMINODIACETICO

F. CAPITAN, F. SALINAS y P. VALLEJO

INTRODUCCION

En trabajos anteriores se ha expuesto la reaccionabilidad del furfuraliminodiacetato sódico frente a 45 iones inorgánicos (1) y su acción enmascarante sobre las reacciones de tales iones con los reactivos generales utilizados en el análisis cualitativo (2).

En dichos trabajos se puso de manifiesto que el reactivo debe formar con el ión Cu(II) un complejo, ya que las disoluciones que contienen el catión, sufren una fuerte intensificación de su color azul al añadirle el furfuraliminodiacetato sódico, reacción que es sensible, $pD = 4,5$.

Leach y Angelici (3) calcularon las constantes de estabilidad de los complejos 1:1 y 1:2 (catión:ligando) que forma dicho ión con el reactivo, pero no señalaron ningún dato acerca de las posibles aplicaciones analíticas de dichos complejos.

En este trabajo exponemos los resultados de los estudios conductométricos y espectrofotométricos realizados sobre la reacción del ión Cu(II) con el furfuraliminodiacetato sódico, con el doble fin de confirmar dichas estequiometrías y de establecer las aplicaciones analíticas que de tal estudio se derivan.

PARTE EXPERIMENTAL

OBTENCION DEL ACIDO FURFURILIMINODIACETICO

Se obtuvo a partir de la sal disódica —obtenida como se señaló anteriormente (1)— para lo que se preparó una disolu-

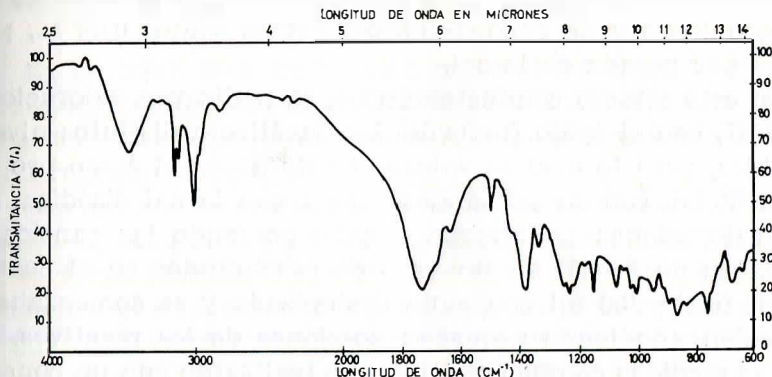
ción de la misma que se pasó lentamente a través de una resina cambiadora de iones en ciclo hidrógeno; la disolución resultante se dejó cristalizar, con lo que se obtuvieron unos cristales blancos en forma de agujas.

Al determinar el punto de fusión del producto, previamente desecado sobre Cl_2Ca , se encontró que a 90°C funde, solidificando de nuevo a 110°C , para volver a fundir a $162,2^\circ \text{C}$. Estos hechos parecen indicar que el producto contiene agua de cristalización y que a 90°C lo que ocurre es una disolución del mismo en dicha agua. El análisis elemental confirma la presencia de agua de cristalización, ya que los porcentajes obtenidos fueron: C, 46,49; H, 5,59 y N, 5,97, resultados que concuerdan con los porcentajes teóricos calculados para el ácido furfuriliminodiacético cristalizado con una molécula de agua: C, 46,75; H, 5,63 y N, 6,07.

En una experiencia posterior se sometieron los cristales obtenidos, a una fuerte deshidratación en pistola de desecación; para mantener constante la temperatura se usó benceno y como agente desecante P_2O_5 . Una vez desecado el producto hasta peso constante el análisis elemental dió los siguientes resultados: C, 50,94; H, 5,35 y N, 6,52, que concuerdan con los calculados para el ácido furfuriliminodiacético anhidro, $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_5$: C, 50,71; H, 5,12 y N, 6,57. Por lo que tras estas operaciones, el ácido furfuriliminoacético se deshidrata totalmente, obteniéndose anhidro.

ESPECTRO INFRARROJO DEL ACIDO FURFURILIMINODIACETICO

Se registró el espectro IR del ácido furfuriliminodiacético anhidro en pastilla de BrK en la región de los 4.000 a 625 cm^{-1} , en un equipo Perkin Elmer 137 "Infracord". Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica 1 y se recogen en la tabla I, en la que aparecen las frecuencias de las bandas observadas, así como las asignaciones hechas por correlación de frecuencias de grupo.



Gráfica núm. 1

TABLA I

Espectro IR del ácido furfuriliminodiacético

V, cm^{-1}	Asignación
3450	OH de grupo ácido, combinación.
1420, 920	OH, deformación.
2850	—CH— tensión simétrica.
1730	—COOH tensión C=O de ácido.
1270	C-O tensión.
1625, 1500	C=C Aromático. Vibraciones del esqueleto en el plano.
1370	C-N
760, 680	C-H Aromático. Flexión fuera del plano.

ESTUDIO CONDUCTOMETRICO

Se partió de una disolución de $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Merck R.A., la cual se valoró electrogravimétricamente, resultando ser 0,0192 M. Como agente complejante se utilizaron disoluciones de ácido furfuriliminodiacético, previamente obtenido y purificado por nosotros, de concentración 0,0108 M; de la sal monosódica del mismo de concentración $0,97 \cdot 10^{-3}$ M, que se preparó por neutralización parcial de una disolución de ácido furfuriliminodiacético de concentración conocida, a la que se añadió el hi-

dróxido sódico necesario para la neutralización de uno de sus hidrogenaciones y de furfúriliminodiacetato sódico 0,02 M, preparada por pesada de la sal.

En este estudio conductométrico, se realizaron valoraciones de Cu(II) con el ácido furfúriliminodiacético a distintos niveles de acidez, para lo cual se valoró el catión con el ácido propiamente dicho, con su sal monosódica y con la sal disódica. Dichas valoraciones se llevaron a cabo poniendo las cantidades adecuadas de Cu(II) en un vaso de precipitados en el cual se diluían hasta 200 ml con agua desionizada y se comenzaba la valoración añadiendo pequeñas porciones de los reactivos.

Las medidas conductométricas se realizaron con un conductímetro Radiometer tipo CDM-2D, provisto de célula de conductividad Radiometer tipo CDC-104.

ESTUDIO ESPECTROFOTOMETRICO

El estudio espectrofotométrico de la reacción de complejación entre el Cu(II) y el ácido furfúriliminodiacético, se realizó al objeto de confirmar la estequiometría obtenida conductométricamente.

Se partió de una disolución de sulfato de cobre de concentración 0,09374 M y como agente complejante se utilizó una disolución de furfúriliminodiacetato sódico 0,1 M.

Como un paso previo al estudio, se registraron los espectros de las disoluciones de Cu(II) y de las mezclas de catión y reactivo en la región del visible; comprobándose la formación del complejo por las diferencias en las bandas de absorción obtenidas; a continuación se investigó la influencia del pH sobre el máximo de absorción del complejo, así como la estabilidad del mismo. Finalmente se procedió al estudio de la estequiometría a las longitudes de onda en que son máximas las diferencias de absorbancia entre los espectros del catión y del complejo, para lo cual se aplicaron los métodos de Job (4), Yoe y Jones (5) y Harvey y Manning (6).

Los espectros de absorción se registraron en un espectrofotómetro Beckman modelo DU provisto de fotomultiplicador, utilizándose cubetas de cuarzo de un centímetro de espesor y las medidas de pH se realizaron en un pH-metro Radiometer modelo pHM-4c.

ESTUDIO FOTOMETRICO

La reacción de complejación entre el ión Cu(II) y el furfuraliminodiacetato sódico, se utilizó para la valoración fotométrica del catión. La disolución de Cu(II) utilizada era 0,01 M y la de reactivo 0,02 M.

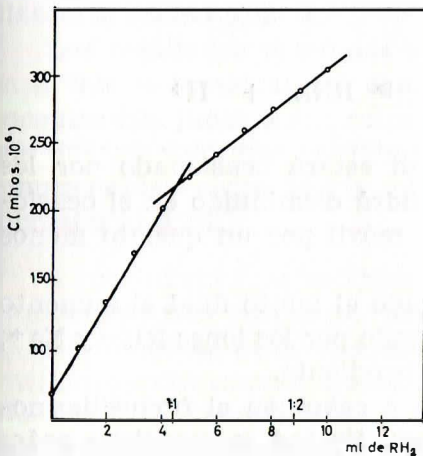
Las medidas se realizaron en un espectrofotómetro Beckman modelo B, adaptado para valoraciones fotométricas, según las indicaciones de Sweetser y Bricker (7). La cubeta para las valoraciones que se construyó para este fin tiene forma de T invertida y las siguientes dimensiones: 4,5 cm. de diámetro, 6,5 cm. de paso de luz y aproximadamente 120 ml. de capacidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

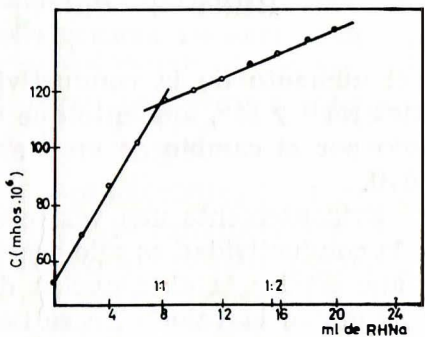
ESTUDIOS CONDUCTOMETRICOS

En las tres valoraciones realizadas, gráficas 2, 3 y 4, se pone de manifiesto la formación de un solo complejo de estequiometría 1:1.

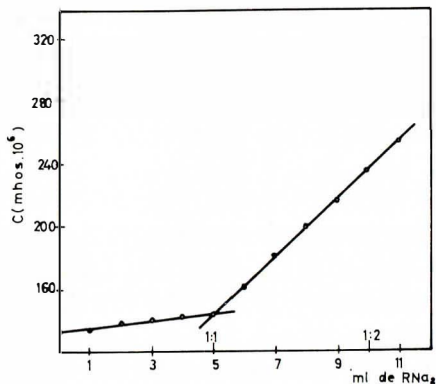
Cuando la valoración del catión se lleva a cabo con la disolución de ácido furfuriliminodiacético, gráfica 2, se observa que la conductividad de la disolución crece más rápidamente antes que después del punto final, lo cual puede tener su expli-



Gráfica núm. 2

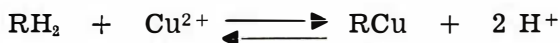


Gráfica núm. 3



Gráfica núm. 4

cación si se tiene en cuenta que mientras quede ión Cu(II) por complejar estará teniendo lugar la reacción:



en cambio después del punto final, el aumento de la conductividad será ocasionado por la liberación de hidrogeniones en la reacción de disociación del reactivo.

Cuando la valoración se lleva a cabo con la sal monosódica del ácido furfuriliminodiacético, gráfica 3, ocurre otro tanto; la reacción que en este caso debe tener lugar antes del punto final, será:

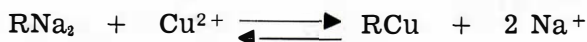


y el aumento de la conductividad estará ocasionado por los iones Na⁺ y H⁺, aumento que vendrá disminuido en el ocasionado por el cambio de un metal móvil por un quelato menos móvil.

Evidentemente una vez rebasado el punto final el aumento de la conductividad es sólo ocasionado por los iones RH⁻ y Na⁺, lo que explica la disminución de pendiente.

Cuando la valoración se lleva a cabo con el furfuriliminodiacético sódico, gráfica 4, la conductividad se mantiene prácticamente constante hasta llegar al punto correspondiente a la

estequiometría, lo cual puede ser debido a que todo aumento de la conductividad asociado a los iones sodio que se adicionan con el reactivo, se compensa con la disminución ocasionada por la complejación del ión Cu(II), la reacción debe ser de la forma:



Después del punto final la conductividad crece rápidamente como consecuencia de la adición, con el exceso de reactivo, de una gran cantidad de iones sodio.

Es precisamente en este caso, cuando la valoración se lleva a cabo con la sal disódica del reactivo, cuando el punto final se pone de manifiesto de una forma más nítida, lo que puede indicarnos una mayor estabilidad del complejo Cu(II)-reactivo a valores de pH más altos.

La nitidez en el punto final de esta valoración, nos hizo pensar en la posibilidad de utilizar una reacción de complejación entre el ión Cu(II) y el furfuraliminodiacetato sódico, para la determinación conductométrica del catión.

DETERMINACION CONDUCTOMETRICA DE Cu(II) CON FURFURILIMINODIACETATO SODICO

Efectuamos determinaciones conductométricas de volúmenes crecientes de disolución de So,Cu 0,01 M, con furfuraliminodiacetato sódico 0,02 M.

Los resultados obtenidos se han recopilado en la tabla II, en la que se muestran las cantidades de Cu(II) valoradas y las encontradas, junto a sus respectivos errores. De ellos se deduce que pueden valorarse cantidades de ión Cu(II) con el reactivo, comprendidas entre 15,9 y 127,1 mgr/l con errores inferiores o iguales al 0,7%.

A continuación se estableció la reproducibilidad del método conductométrico propuesto, para lo que se valoraron dos series de seis muestras cada una conteniendo 31,8 y 95,3 mgr/ml de Cu(II) respectivamente. De los resultados obtenidos —31,8; 32,1; 31,8; 32,1; 31,8 y 32,1 mgr/l en la primera serie y 95,9; 95,3; 95,5; 95,3; 96,6 y 95,6 mgr/l en la segunda— se calculó un error relativo sobre el valor medio del 0,5%.

TABLA II

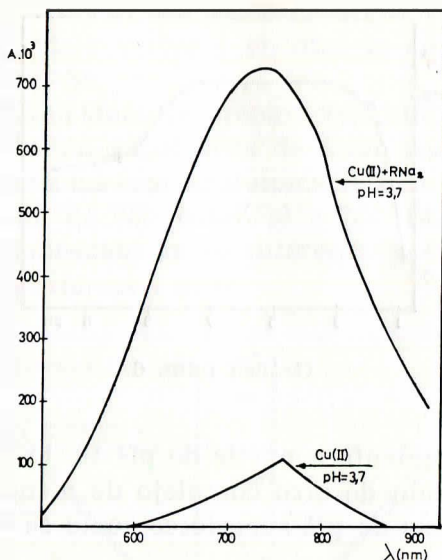
Determinación conductométrica de Cu(II) con furfurilimino-
diacetato sódico

mgr/l de Cu(II)		Error (%)	Error medio (%)
Puestos	Encontrados		
15,9	16,2	2,0	0,7
	15,9	0,0	
	15,9	0,0	
	31,8	0,0	
31,8	32,1	1,0	0,3
	31,8	0,0	
	48,3	1,3	
47,6	47,3	-0,7	0,2
	47,6	0,0	
	63,8	0,5	
63,5	63,5	0,0	0,2
	63,5	0,0	
	95,3	0,7	
95,3	95,3	0,0	0,2
	95,3	0,0	
	127,4	0,2	
127,1	126,8	-0,2	0,1
	127,7	0,4	

ESTUDIO ESPECTROFOTOMETRICO

ESPECTRO DE ABSORCION DEL COMPLEJO

Se registró dicho espectro de una disolución conteniendo Cu(II) y furfuriliminodiacetato disódico en concentración 10^{-2} M, realizándose también el del catión a la misma concentración. Los resultados obtenidos son los que se muestran en la gráfica 5, donde se puede observar el fuerte incremento de absorbancia que sufre el ión cúprico al adicionarle el reactivo. El complejo originado presenta un máximo de absorción a 740 nm, habiendo experimentado un pequeño desplazamiento hipsocrómico con respecto al máximo del catión, que lo presenta a 760 nm. Las mayores diferencias entre los espectros del complejo y del catión, están localizadas entre las longitudes de onda de 680 y 740 nm.

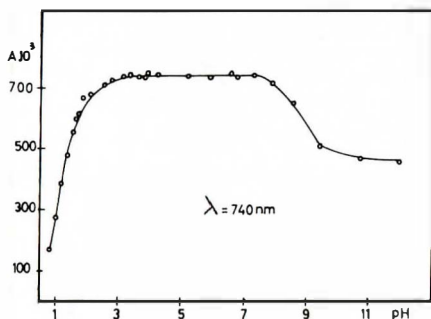


Gráfica núm. 5

INFLUENCIA DEL pH SOBRE EL MÁXIMO DE ABSORCIÓN DEL COMPLEJO

Al objeto de conocer la región de pH más óptima de formación del complejo, se realizó una experiencia consistente en ir midiendo las absorbancias de disoluciones 0,01 M en catión y reactivo, a la longitud de onda del máximo de absorción, 740 nm; el pH de las mismas se fue variando por adición de cantidades discretas de disoluciones de HCl y de KOH de diferentes concentraciones, recientemente preparadas.

De los resultados obtenidos, representados en la gráfica 6, se deduce que el pH del medio influye notablemente en la formación del complejo. En dicha gráfica se observan tres regiones delimitadas; una, a pH menor de 3, en la que la absorbancia de la disolución crece conforme aumenta el pH, lo que indica que en dicha región el complejo no se forma totalmente; otra entre pH 3,5 y 7,2 aproximadamente, en la que la absorbancia de la disolución se mantiene prácticamente constante, lo que indica que el complejo se ha formado en su totalidad; finalmente en la tercera región, a valores de pH superiores a 7,5, la absorbancia de la disolución decrece rápidamente, en un prin-



Gráfica núm. 6

cipio, y más lentamente a partir de pH 10, lo que parece indicarnos la formación de otro complejo de menor coeficiente de absorción, en zonas de pH superiores como se demostrará más adelante.

Todos estos hechos nos permiten elegir como pH de trabajo el valor de 4,5 o próximo a él.

MEDIDA DE LA ESTABILIDAD DEL COMPLEJO

Como última experiencia previa a la determinación de la estequiometría del complejo, se estudió la estabilidad del mismo, para lo cual se preparó una disolución del mismo y se fue midiendo su absorbancia periódicamente, a la longitud de onda del máximo de absorción. Los resultados que se obtuvieron indicaron que el complejo es estable al menos durante un día.

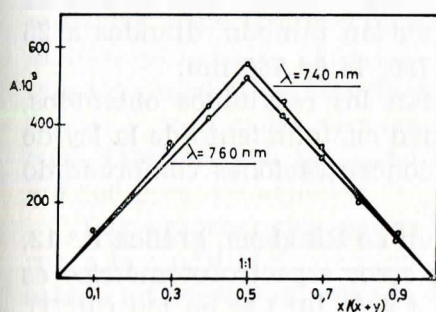
ESTEQUIOMETRIA DEL COMPLEJO

La determinación de la fórmula del complejo se realizó por los métodos espectrofotométricos mencionados anteriormente.

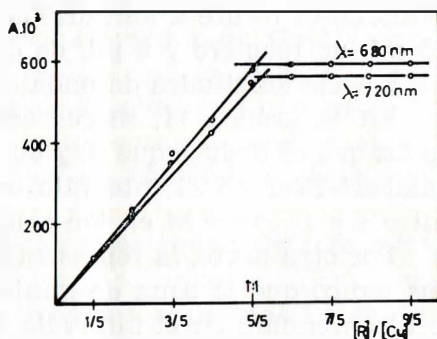
En el método de las variaciones continuas, se mantuvo constante e igual a $2 \cdot 10^{-2}$ M la suma de las concentraciones de catión y reactivo. En el método de la razón molar se realizaron dos experiencias, en la primera de ellas se mantuvo constante e igual a 10^{-2} M la concentración de Cu(II) y se fue variando la de reactivo; en la segunda se mantuvo constante e igual a 10^{-2} M a la concentración de furfuriliminodiacetato sódico. En

el método de Harvey y Manning se mantuvo constante en una rama la cantidad de reactivo y en otra la de catión, en concentración $1,8 \cdot 10^{-2}$ M.

Todas las disoluciones se prepararon tamponándolas a pH 4,6 con una disolución reguladora de ácido acético-acetato sódico 0,2 M. Las medidas espectrofotométricas se realizaron a las longitudes de onda de 680, 720, 740 y 760 nm. Los resultados obtenidos en la aplicación de los diferentes métodos se han representado en las gráficas 7 a 10.



Gráfica núm. 7



Gráfica núm. 8

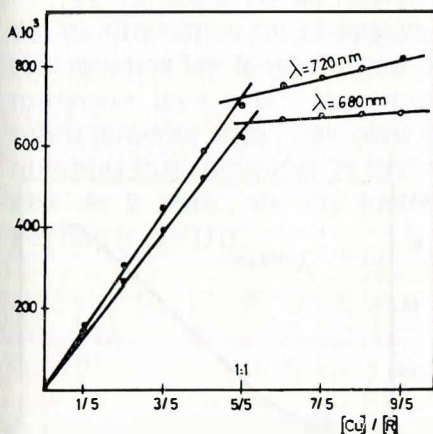
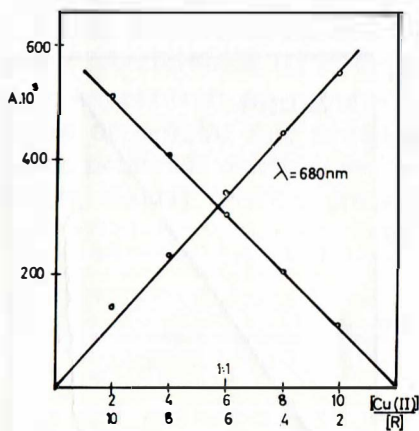


Gráfico núm. 9



Gráfica núm. 10

Todos los métodos aplicados nos indican la formación de un sólo complejo de estequiometría 1:1, en las condiciones operatorias ensayadas.

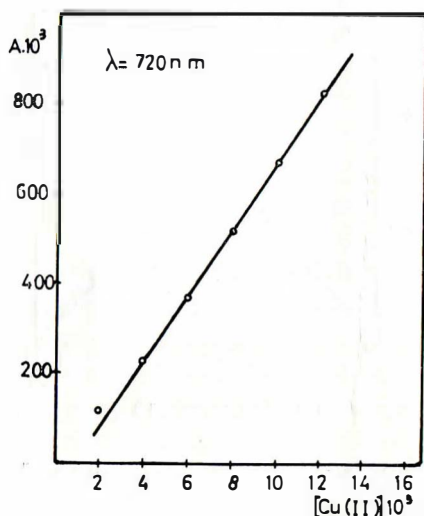
DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DE Cu(II) CON EL FURFURIL- IMINODIACETATO SODICO

CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE LAMBERT-BEER

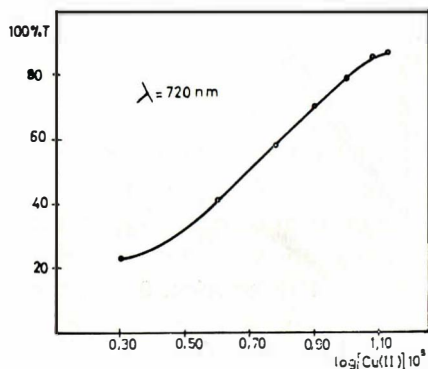
Con el fin de establecer el cumplimiento de la ley de Lambert-Beer, así como la zona de mínimo error espectrofotométrico se introdujeron en matraces aforados de 25 ml, 5 ml de disolución tampón de pH 4,5, 4,5 ml de disolución de reactivo 0,1 M, enrasándose finalmente con agua desionizada. Las absorbancias se midieron frente a una disolución conteniendo una mezcla de 4,5 ml. de reactivo y 5 ml. de disolución tampón, diluidos a 25 ml. y a las longitudes de onda de 720, 74 0y 760 nm.

En la gráfica 11, se representan los resultados obtenidos, de los que se deduce que hay un buen cumplimiento de la ley de Lambert-Beer en el intervalo de concentraciones comprendido entre 4 y $12 \cdot 10^{-3}$ M en ión Cu(II).

Por otra parte, la representación de Ringbom, gráfica n.º 12, nos indicó que la zona de mínimo error espectrofotométrico es la comprendida en el intervalo de 4 a $8 \cdot 10^{-3}$ M en ión Cu(II), a la longitud de onda de 720 nm.



Gráfica núm. 11



Gráfica núm. 12

Con el fin de establecer el error y la reproducibilidad del método espectrofotométrico propuesto, se operó de la forma anteriormente indicada sobre dos series de diez muestras cada una con un contenido en ión Cu(II) de 4 y $7 \cdot 10^{-3}$ M respectivamente. De los resultados obtenidos —2,98; 2,97; 2,95; 3,04; 3,03; 2,98; 2,99; 3,01 y $304 \cdot 10^{-3}$ M con la primera serie y 6,98; 7,01; 7,01; 6,98; 6,97; 6,98; 6,96; 6,97; 6,96 y $6,95 \cdot 10^{-3}$ M con la segunda— se calculó un error relativo sobre el valor medio del 0,5%.

Finalmente se procedió al estudio de las interferencias que podían ocasionar la presencia de iones extraños, en la determinación espectrofotométrica de cantidades de Cu(II) por el método propuesto, para ello se realizó una experiencia consistente en medir las absorbancias de disoluciones que contenían Cu(II) y cantidades variables de diferentes cationes y aniones cuya interferencia se deseaba conocer, poniéndose como máximo 200 ppm. de aquellos.

Las absorbancias de las disoluciones preparadas se midieron a la longitud de onda de 720 nm y se consideró que no causaban interferencia, cuando las medidas realizadas no se diferenciaban en más de ± 10 unidades de absorbancia de la medida con la disolución que no contenía ión interferente alguno.

En la tabla III se muestran las tolerancias para cada uno de los diferentes iones ensayados. Puede observarse en ella que son muchos los iones que no originan interferencia en la determinación de Cu(II) , aun cuando se encuentren en proporción relativamente alta. Por otra parte es de señalar que producen notables interferencias la presencia de pequeñas cantidades, menos de 2 ppm., de los iones Bi(III) , Sn(II) , Pd(II) , Au(III) , Fe(III) y Al(III) .

TABLA III

Interferencia de iones extraños en la determinación espectrofotométrica de Cu(II) con el furfuriliminodiacetato sódico

Ión	(Tolerancia (ppm))	Ión	(Tolerancia (ppm))
Ag(I)	200	Mo(VI)	200
Pb(II)	200	Ca(II)	200
Cd(II)	160	Sr(II)	200
Cr(III)	200	Mg(II)	200
V(V)	200	NH ₄ (I)	200
OU ₂ (II)	200	Br ⁻	200
La(III)	200	BO ₂ ⁻	200
Zn(II)	120	NO ₂ ⁻	200
Co(II)	160	C ₂ O ₄ ²⁻	200
Ni(II)	160	WO ₃ ⁻	200
Mn(II)	200	Citratos	200
Hg(II)	25	Ftalatos	120

VALORACION FOTOMETRICA DE Cu(II) CON FURFURILIMINODIACETATO SODICO

Debido a que las disoluciones de Cu(II) intensifican notablemente su color cuando se les adiciona el reactivo, pensamos en la posibilidad de utilizar este hecho para la valoración fotométrica del catión con el furfuriliminodiacetato sódico.

El mecanismo de indicación utilizado fue el de autoindicación, el cual puede utilizarse, como ocurre en este caso, cuando el curso de la valoración puede seguirse por los cambios de absorbancia que experimentan una o más de las especies que toman parte en la misma. Por otra parte este tipo de indicación es muy útil en las valoraciones complexométricas de los cationes de transición que forman complejos coloreados. Debido a que los coeficientes de extinción molar de estos complejos son generalmente pequeños (max - 10-100), el intervalo de absorbancias más favorable se obtiene para concentraciones de ión metálico comprendidas entre 10⁻² y 10⁻³ M.

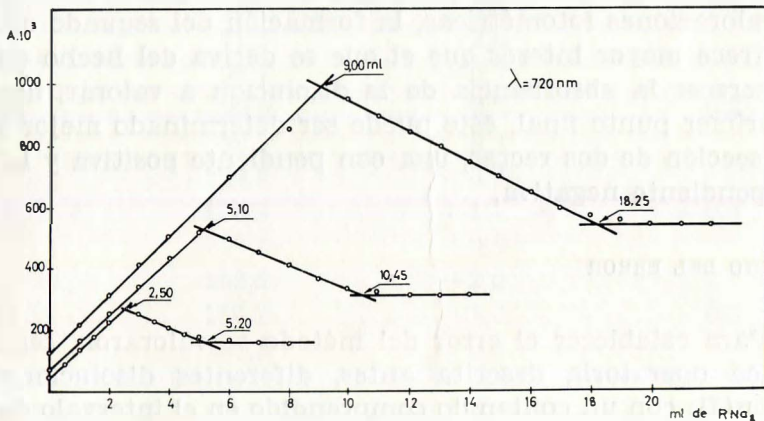
METODO OPERATORIO

Para la determinación de las curvas de valoración fotométricas, se introducían en la cubeta las cantidades de Cu(II) a valorar, diluyéndose aproximadamente a 90 ml con agua desionizada. A continuación se iniciaba la valoración con la sal disódica del ácido furfúriliminodiacético, midiéndose la absorbancia de la disolución después de cada adición de reactivo a la longitud de onda de 720 nm. El ajuste del cero del aparato se hacía previamente a la valoración, con la misma cubeta conteniendo agua desionizada.

INTERPRETACION DE LAS CURVAS DE VALORACION FOTOMETRICAS

Si se tiene en cuenta que las disoluciones de ión Cu(II) incrementan notablemente su color al adicionarles furfúriliminodiacetato disódico, en principio cabría esperar que la forma de las curvas de valoración fotométricas se iniciaran con un fuerte incremento de absorbancia hasta llegar al punto final, el cual correspondería a la formación del complejo de estequiometría 1:1, a partir del cual la adición de más reactivo no debía ocasionar mayores incrementos en la absorbancia de la disolución.

Sin embargo, como puede apreciarse en la gráfica 13, la forma de las curvas difiere de las esperadas, ya que una vez



Gráfica núm. 13

rebasado el punto final y por tanto la formación del complejo de estequiometría 1:1, la absorbancia de la disolución no se mantiene constante, sino que disminuye linealmente al seguir adicionando reactivo, hasta llegar a un segundo punto final que corresponde a la formación del complejo de estequiometría 1:2 (catión:reactivo), manteniéndose constante ya a partir de este momento.

Este complejo de estequiometría 1:2 no había sido detectado en el estudio espectrofotométrico realizado anteriormente, por ninguno de los métodos utilizados allí para la determinación de la estequiometría; esto nos indica que en las condiciones que se estudiaron, pH 4,5, no se forma el complejo de estequiometría 1:2, sino únicamente el 1:1; sin embargo, en las valoraciones fotométricas al no mantenerse constante el pH del medio, éste evoluciona de tal forma a medida que se va añadiendo el furfuriliminodiacetato sódico, que llegado el momento adecuado, es decir, después de rebasado el punto final correspondiente a la formación del complejo 1:1, existe en el medio el pH apropiado para la formación del quelato de estequiometría 1:2 (catión:reactivo).

Es evidente que a partir del punto final que origina la formación de este segundo quelato también podrían deducirse las cantidades de ión Cu(II) valoradas, sin embargo se comprobó que los errores que se obtenían procediendo de esta forma resultaban mayores que cuando se tenía en cuenta el primer punto final. Por tanto podemos decir que desde el punto de vista de las valoraciones fotométricas, la formación del segundo quelato no ofrece mayor interés que el que se deriva del hecho de que al decrecer la absorbancia de la disolución a valorar, después del primer punto final, este puede ser determinado mejor como intersección de dos rectas, una con pendiente positiva y la otra con pendiente negativa.

ESTUDIO DEL ERROR

Para establecer el error del método se valoraron, según la técnica operatoria descrita antes, diferentes disoluciones de ión Cu(II) con un contenido comprendido en el intervalo de 35,3 155,3 ppm.

Los resultados obtenidos se han recopilado junto a sus respectivos errores en la tabla IV, de ellos se deduce que pueden valorarse fotométricamente, en las condiciones operatorias ensayadas, cantidades de ión Cu(II) comprendidas entre 35,3 y 155,3 ppm. con errores iguales o inferiores al 0,7%.

A continuación se estableció la reproducibilidad del método de valoración fotométrico propuesto, para lo cual se valoraron de la forma indicada anteriormente, dos series de seis muestras conteniendo 70,6 y 127,1 ppm de Cu(II) respectivamente. De los resultados obtenidos —70,6; 70,6; 72,0; 70,6; 71,3 y 70,6 ppm en la primera serie y 127,1; 125,7; 127,1; 126,4; 127,1 y 121, 1 ppm— se calculó un error relativo sobre el valor medio del 0,6%.

TABLA IV

Valoración fotométrica de Cu(II) con furfuriliminodiacetato sódico

ppm de Cu(II)		Error (%)	Error medio (%)
Puestas	Encontradas		
35,3	36,0	0,2	0,1
	35,3	0,0	
	35,5	0,0	
70,6	70,6	0,0	0,7
	76,6	0,0	
	71,3	2,0	
	98,1	-0,7	
98,8	99,5	0,7	0,2
	99,5	0,7	
	127,1	0,0	
127,1	125,7	-1,1	-0,4
	127,1	0,0	
	152,5	-2,0	
155,3	156,7	1,0	0,3
	155,3	0,0	

RESUMEN

Se determinan las estequiometrias de los complejos que forma el ácido furfuryliminodiacético con el ión Cu(II), que resultan ser 1:1 y 2:1 (R:Cu).

Se proponen nuevos métodos para la determinación conductométrica y espectrofotométrica de Cu(II), así como un nuevo método para la valoración fotométrica de dicho ión. Métodos que son utilizables dentro de los intervalos 16 a 130 ppm, $4 \cdot 10^{-3}$ a $8 \cdot 10^{-3}$ M, y 35 y 150 ppm., con errores relativos sobre el valor medio del 0,5%, del 0,5% y del 0,7%, respectivamente.

SUMMARY

The stoichiometries of the complexes originated by the furfuryliminodiacetic acid with the ion Cu(II) have been found to be 1:1 and 2:1 (reagent:Cu).

Three new analytical methods are proposed for conductimetric and photometric titration of Cu(II) and for spectrophotometric determination of that ion. The methods are of applicability in the range of concentration 16-130 ppm. 35-150 ppm. and $4 \cdot 10^{-3}$ M; and the average 0,5%, 0,7% and 0,% respectively.

RÉSUMÉ

Le cuivre divalent forme deux complexes avec l'acide furfuryliminodiacétique. Ses rapports

On suggère deux méthodes pour le dosage conductimétrique et spectrophotométrique et un autre pour le titrage photométrique de l'ion cuivrique, pour concentrations comprises entre 16 et 130 ppm., $4 \cdot 10^{-3}$ et $8 \cdot 10^{-3}$ M, et 35 et 150 ppm., les erreurs relatives sur la moyenne sont 0,5%, 0,5% et 0,7% respectivement.

BIBLIOGRAFIA

- (1) F. CAPITAN, F. SALINAS y P. VALLEJO: Rev. Soc. Quim. México. 20 (2) 50 (1976).
- (2) F. CAPITAN, F. SALINAS y P. VALLEJO: Rev. Soc. Quim. México. 20 (4) 215 (1976).
- (3) LEACH, B. E. and ANGELICI, R.: Inorg. Chem., 4, 907 (1969).
- (4) JOB, P.: Ann. Chim., 9, 114 (1927).
- (5) HARVEY, A. E. and MANNING, D. J.: J. Am. Chem. Soc., 72, 41, 88 (1950).
- (6) YOE, J. H. and JONES, A. L.: Ind. Chem. Anal. Ed., 16, 111 (1944).
- (7) SWEETSER, P. B. and BRICKER, C. E.: Anal. Chem., 25, 253 (1953).