



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
ESCUELA DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE COMPLEJOS CON UNA BASE SCHIFF  
QUE CONTIENE CEFALEXINA Y 1,2-DIAMINOBENCENO  
(Modalidad: Investigación)

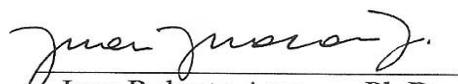
RAFAEL JOSÉ SALAZAR RIVERO

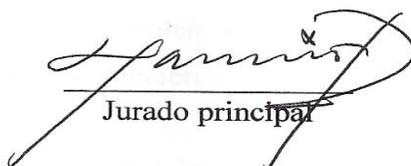
TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN QUÍMICA

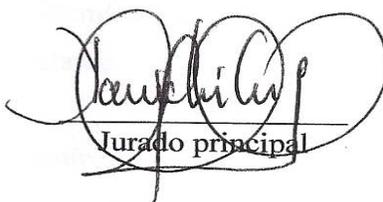
CUMANÁ, 2010.

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE COMPLEJOS CON UNA BASE SCHIFF  
QUE CONTIENE CEFALEXINA Y 1,2-DIAMINOBENCENO

APROBADO POR:

  
\_\_\_\_\_  
Juan Roberto Anacona Ph.D.

  
\_\_\_\_\_  
Jurado principal

  
\_\_\_\_\_  
Jurado principal

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
LISTA DE TABLAS .....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	v
INTRODUCCIÓN .....	1
METODOLOGÍA .....	12
Síntesis del ligando base de Schiff (HL) que contiene cefalexina y 1,2-diaminobenceno .....	12
Síntesis de los complejos metálicos base de Schiff .....	13
CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS SINTETIZADOS .....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
Análisis elemental .....	16
Conductividad molar .....	17
Medidas de susceptibilidad magnética .....	18
Momentos magnéticos de los complejos metálicos .....	20
Espectroscopía ultravioleta-visible .....	23
Espectroscopia infrarroja .....	27
Estructuras sugeridas para los complejos .....	29
CONCLUSIONES .....	31
BIBLIOGRAFÍA .....	32
Hoja de Metadatos .....	53

## DEDICATORIA

*A*

Mi madre Neida Rivero, con mucho emoción te dedico este gran logro, tu sabes más que nadie que dudé muchas veces, que me amargué, que muchas veces estuve a punto de tirar la toalla por no lograr lo que yo quería y lo que muchos esperaban de mí, pero mil gracias por estar, por guiarme, por soportarme, por llorar conmigo, por amarme y darme toda esa fuerza para continuar, no me equivoco en decir que eres la mejor madre del mundo, gracias por tu esfuerzo y dedicación. Esto es para tí.

Mi padre Víctor Salazar, papá me hubiese gustado que me dedicaras más tiempo, que me aconsejaras más seguido, pero hoy quiero compartir este logro contigo, gracias por confiar en mí.

Mis hermanos Inés Ramírez, Abrahán Ramírez y Luisa Ramírez, quienes con su apoyo, estímulo y confianza lo hicieron posible.

Mi hermano Juan Pablo Ramírez por siempre confiar en mí y por su apoyo incondicional, sé que este logro te enorgullece mucho.

Mi hermanito Jesús Salazar y a mis sobrinos Rosiny Patiño, Rosneidy Patiño, Neileth Ramírez y Carlos Ramírez, que este logro les sirva de ejemplo, motivación e inspiración para salir adelante.

Mis cuñados Alcilis de Ramírez y Luis Miguel Patiño, por confiar en mí.

Todos mis amigos y a esas personas que de alguna manera se sienten parte de este logro.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a Dios, por permitirme escribir estas líneas.

A la Universidad de Oriente y a cada uno de los profesores que fueron parte de mi desarrollo profesional, en especial a la profesora Yarima Alfonso por brindarme su apoyo en un momento importante de mi vida.

A Juan Roberto Anacona Ph.D., por brindarme la oportunidad de trabajar con él y cuya condición de asesor hizo posible la elaboración de esta tesis.

Al Instituto Universitario Tecnológico de Cumaná y al Instituto Oceanográfico de Venezuela, por prestarme sus instalaciones para realizar ciertos análisis.

A los compañeros y amigos del Laboratorio de Productos Naturales, específicamente a Brimar Espinoza, Raúl Cedeño, Jetsy Tineo, Alexis Mendoza y Marilyn Neyra, por ayudarme en aquellos momentos que lo necesité.

A mis compañeros de laboratorio Natiana Noriega, Juan Luis Rodríguez y Kysbel Mago, por su ayuda y colaboración.

A mis amigos; Susjei Figueroa, Jesusmarit Indriago, Jesli Tusa y José Gregorio Brito, por brindarme apoyo en todo momento, por su paciencia y tolerancia, a ustedes el más sincero y profundo agradecimiento.

A mis compañeros de carrera; Berenice Aguado, Ana Martínez, Yolimar Marcano, Rosanny López, Marines Lemus, Enrique Fuentes, Julineth Guerra y Miguel Alquiades.

A mi gran familia, quienes han sido un apoyo moral y económico para lograr este fin.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes de C, N e H de la base de Schiff (HL) y los complejos sintetizados. ....	16
Tabla 2. Conductividad molar de los complejos base Schiff en DMSO. ....	17
Tabla 3. Medidas de la susceptibilidad magnética de los complejos sintetizados. ....	19
Tabla 4. Momentos magnéticos ( $\mu_{eff}$ ) de los complejos sintetizados. ....	21
Tabla 5. Momentos magnéticos de los complejos y los esperados para diferentes estereoquímicas. ....	22
Tabla 6. Principales transiciones electrónicas del ligando base de Schiff y sus complejos. ....	24
Tabla 7. Valores de $\nu_1$ , $10Dq$ y $B$ para el complejo $[Co(L)(CH_3COO)(H_2O)]$ en $cm^{-1}$ . ....	26
Tabla 8. Principales bandas de absorción ( $cm^{-1}$ ) de IR de la cefalexina, el ligando base de Schiff y sus complejos. ....	28

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura molecular del núcleo de las penicilinas. ....	2
Figura 2. Estructura básica de las cefalosporinas. ....	3
Figura 3. Algunas cefalosporinas de la primera generación. ....	3
Figura 4. Estructura de la cefalexina. ....	4
Figura 5. Fórmula estructural sugerida de los complejos de cefalexina, [M(cefalexina)Cl], [M= Ni <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> y Hg <sup>2+</sup> ] [17]. ....	5
Figura 6. Mecanismo de reacción de las bases de Schiff. ....	6
Figura 7. Fórmula estructural sugerida de los complejos de la base Schiff con cefradina, [M= Mn <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> y Zn <sup>2+</sup> ] [5]. ....	8
Figura 8. Fórmula estructural propuesta para los complejos sintetizados con el ligando HL <sup>1</sup> , M = Ni <sup>2+</sup> y Cu <sup>2+</sup> [27]. ....	9
Figura 10. Fórmula estructural propuesta para el complejo de Fe <sup>2+</sup> sintetizado con el ligando HL <sup>3</sup> [27]. ....	10
Figura 11. Fórmula estructural sugerida para los complejos M= Mn <sup>2+</sup> y Ni <sup>2+</sup> [28] ....	10
Figura 12. Esquema de formación del ligando base de Schiff (HL). ....	13
Figura 13. Esquema de formación de los complejos metálicos. ....	14
Figura 14. Diagrama de los distintos niveles de energía para el Co <sup>2+</sup> . ....	25
Figura 15. Fórmula estructural propuesta para el complejo de Ni <sup>2+</sup> . ....	30
Figura 16. Fórmula estructural propuesta para los complejos M= Mn <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> y Zn <sup>2+</sup> . ....	30

## RESUMEN

Se hizo reaccionar el antibiótico cefalexina con el 1,2-diaminobenceno para formar un ligando base de Schiff (HL) que posteriormente se hace reaccionar con diferentes iones metálicos de transición para formar nuevos complejos de  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  y  $Zn^{2+}$ . Todos los complejos fueron caracterizados por análisis elemental, conductividad molar, susceptibilidad magnética, momento magnético, espectroscopia infrarroja (IR) y ultravioleta visible (UV-Vis). Los resultados obtenidos sugieren estructura tetracoordinada para el complejo de  $Ni^{2+}$  y hexacoordinadas para el resto de los complejos, en los cuales la base de Schiff se comportaría como un ligando monoaniónico tridentado.

## INTRODUCCIÓN

En años recientes, se ha puesto un gran esfuerzo en la preparación y caracterización de complejos metálicos formados con macroligandos base de Schiff. La característica principal de estos macroligandos, sintetizados a partir de la reacción de dialdehídos y compuestos aminados, es formar complejos estables, ofreciendo la oportunidad de diseñar nuevos sistemas que sean selectivos para determinados iones metálicos y que pudieran tener aplicaciones específicas en áreas como: electroquímica, bioinorgánica, catálisis, desactivadores metálicos, procesos de separación y química ambiental entre otros [1-4]. En particular, la atención se ha enfocado en obtener complejos con bases de Schiff que contengan antibióticos betalactámicos, debido a que la capacidad de coordinación de los mismos aumenta cuando ellos forman parte de la estructura de una base Schiff, formando una diversidad de complejos estables [5].

Los antibióticos betalactámicos, que actúan inhibiendo la última etapa de la síntesis de la pared celular bacteriana, constituyen la familia más numerosa de antimicrobianos y de las más utilizadas en la práctica clínica. Los betalactámicos son compuestos de acción bactericida lenta, relativamente independiente de la concentración plasmática, que presentan escasa toxicidad y poseen un amplio margen terapéutico. La presencia de un anillo betalactámico define químicamente a este tipo de antibióticos, de la que se han originado diversos grupos: penicilinas, cefalosporinas, carbapenemas, monobactamas e inhibidores de las betalactamasas [6].

El espectro de aplicación de los antibióticos betalactámicos se ha ido ampliando a lo largo de los años por la incorporación de nuevas moléculas con mayor actividad frente a los bacilos Gram negativos; pero la progresiva aparición de resistencias adquiridas ha limitado su uso empírico y su eficacia en determinadas situaciones. Aun así, la penicilina sigue siendo el tratamiento de elección en un buen número de infecciones clásicas, las cefalosporinas lo son en la profilaxis quirúrgica y en infecciones comunitarias graves, las carbapenemas en infecciones hospitalarias mixtas y para bacterias multirresistentes, y

los inhibidores de betalactamasas que permiten el uso eficaz de las amino y ureido penicilinas en infecciones de gran relevancia [6].

Las penicilinas son un grupo de antibióticos que contienen un anillo betalactámico y un anillo de tiazolidina, formando el ácido 6-aminopenicilánico, estructura que deriva de la condensación de una molécula de valina y una de cisteína para dar lugar al doble anillo característico. Además tienen una cadena lateral, que varía de unas penicilinas a otras en la posición 6 del anillo betalactámico y que es la que define sus propiedades (figura 1) [6].

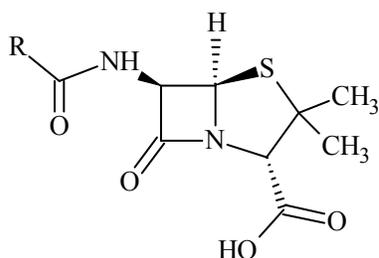


Figura 1. Estructura molecular del núcleo de las penicilinas.

Las cefalosporinas son fármacos estructuralmente similares a las penicilinas, cuya estructura básica está constituida por el núcleo cefem, que consiste en la fusión de un anillo dihidrotiacínico (en lugar del anillo tiazolidínico característico de las penicilinas) y un anillo betalactámico [6].

Las cefalosporinas fueron descubiertas en 1945 por el profesor Giuseppe Brotzu, al aislar un hongo del agua salada denominado *Cephalosporium acremonium*, el cual impide el crecimiento de una variedad de bacterias Gram positivas y Gram negativas [7]. Desde el punto de vista químico, el núcleo de las cefalosporinas es el ácido 7-aminocefalosporánico, el cual guarda una semejanza estrecha con el ácido 6-aminopenicilánico (figura 2).

El ácido 7-aminocefalosporánico ha sido modificado con diferentes grupos químicos en los extremos de las cadenas para crear una completa familia de antibióticos: las cefalosporinas [8].

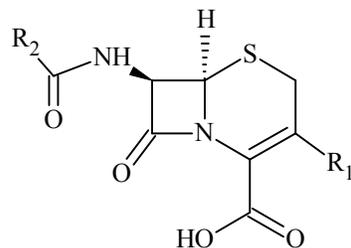


Figura 2. Estructura básica de las cefalosporinas.

La actividad intrínseca antimicrobiana de las cefalosporinas naturales es baja, pero la inserción de grupos  $R_1$  y  $R_2$  en la estructura básica de las cefalosporinas (figura 2), ha dado compuestos de elevada actividad terapéutica y baja toxicidad. Las cefalosporinas pueden ser clasificadas en grupos o generaciones, basándose principalmente en las características generales de la actividad antimicrobiana [9, 10] (figura 3).

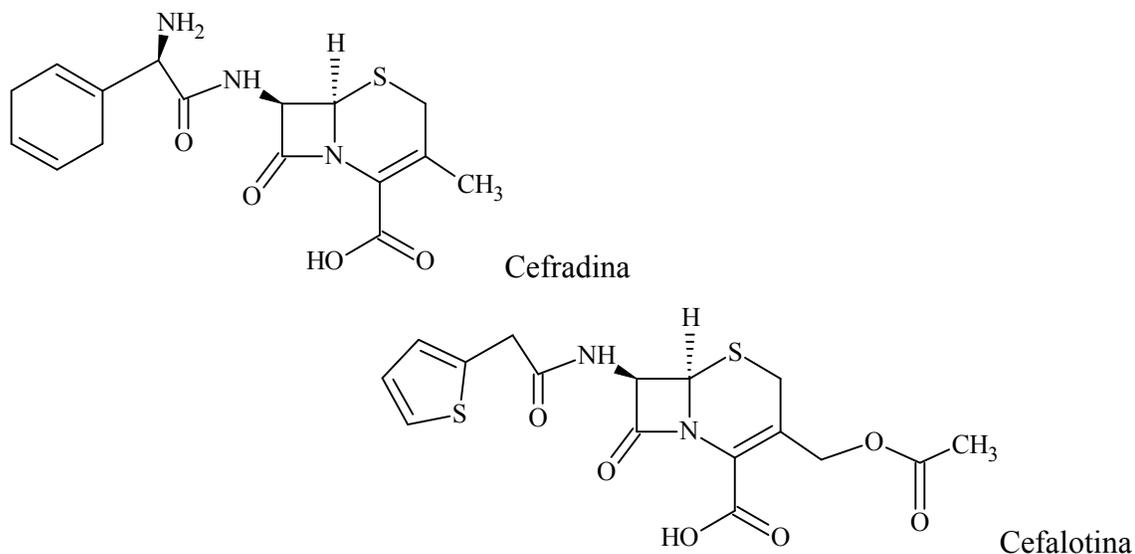


Figura 3. Algunas cefalosporinas de la primera generación.

La cefalexina es un antibiótico betalactámico de la primera generación que pertenece al grupo de las cefalosporinas. Se encuentra comercialmente como monohidrato. El

monohidrato de cefalexina es un polvo cristalino blanco o casi blanco, ligeramente soluble en agua y prácticamente insoluble en alcohol. El compuesto es un zwitterión, es decir, posee un grupo básico y un grupo ácido. El punto isoeléctrico de la cefalexina en agua es aproximadamente entre 4,5 y 5. La cefalexina al igual que las cefalosporinas de primera generación tiene actividad sobre la mayoría de bacterias Gram positivas y algunos gérmenes Gram negativos [11].

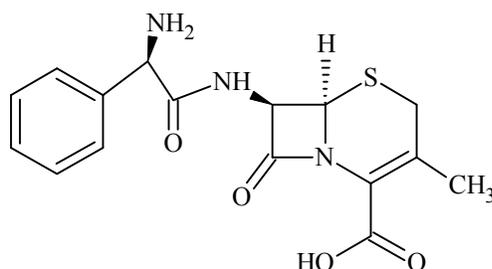


Figura 4. Estructura de la cefalexina.

Los antibióticos betalactámicos han sido buenos ligandos precursores en la formación de complejos metálicos. Se han desarrollado diferentes trabajos de investigación, reportando la química de coordinación de algunos antibióticos betalactámicos con iones de metales de transición, a fin de elucidar sus posibles estructuras [12-17]. En un estudio, la cefalexina formó complejos con relación molar 1:1 con iones metálicos tales como:  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  y  $Hg^{2+}$ , estos complejos fueron caracterizados utilizando técnicas espectroscópicas y fisicoquímicas. Las técnicas espectroscópicas sugieren que la cefalexina actúa como un ligando tridentado monoaniónico. La actividad bactericida de los complejos sintetizados fue ensayada frente a cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritides* y *Proteus mirabilis*, utilizando la técnica de difusión en agar, donde los complejos de  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  y  $Ni^{2+}$  mostraron ser más activos que la cefalexina libre. La fórmula estructura sugerida de los complejos de  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  y  $Hg^{2+}$  se puede apreciar en la Figura 5 [17].

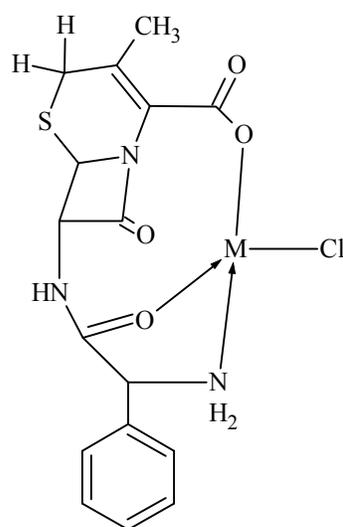


Figura 5. Fórmula estructural sugerida de los complejos de cefalexina,  $[M(\text{cefalexina})\text{Cl}]$ ,  $[M = \text{Ni}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Zn}^{2+} \text{ y } \text{Hg}^{2+}]$  [17].

Un antibiótico similar, la cefradina, presenta un comportamiento estructural a la cefalexina, pero en vez de enlazar a los metales  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$  mediante el grupo carbonilo presente en la cadena, lo hace con el grupo carbonilo presente en el anillo lactámico [18]. La excepción la constituye el  $\text{Cu}^{2+}$  que sugiere un enlace en igual forma tanto a la cefalexina como a la cefradina. La presencia de estructuras penta y hexacoordinada han sido, también, sugeridas en complejos metálicos de la ceftriaxona [19] y cefazolina [20] respectivamente.

Similarmente, se han realizado estudios utilizando otras cefalosporinas como ligandos, tales como: cefalotina, cefotaxima, ceftriaxona y cefepime, para formar complejos mixtos con sulfatiazol y  $\text{Cu}^{2+}$  [21]. Los complejos obtenidos con estos antibióticos son insolubles en agua y probablemente presentan estructuras poliméricas, que, a pesar de su naturaleza cristalina, no resultaron adecuados para la determinación de su estructura por rayos X. En este estudio se sugiere que la cefalotina, cefotaxima y cefepime pueden comportarse como ligandos tridentados, mientras que la cefazolina y la ceftriaxona pueden comportarse como ligando tetradentado y pentadentado, respectivamente [21].

El gran interés que existe por la química de coordinación de los metales de transición con bases de Schiff se debe en gran parte a su amplio espectro de aplicación, así como los aspectos estructurales de los complejos resultantes. Las bases Schiff son estructuras que contienen un grupo azometino o imino ( $>C=N-$ ) y pueden ser preparadas por condensación entre una amina primaria y un grupo carbonilo activo.

La reacción se inicia cuando el par de electrones no compartidos del nitrógeno ataca al carbono carbonílico generando así un intermediario de adición que corresponde a una carbinolamina (Figura 6). La reacción es reversible y alcanza el equilibrio en un tiempo notablemente corto [22].

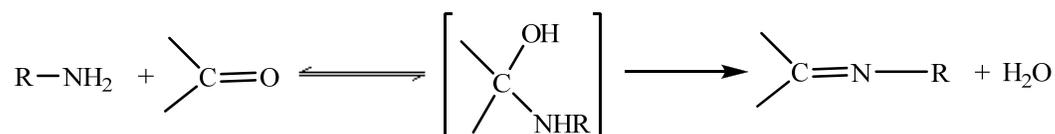


Figura 6. Mecanismo de reacción de las bases de Schiff.

Las bases de Schiff pueden formar complejos metálicos con diferentes elementos de transición [23]. Sin embargo, los metales de la primera serie de transición son los que muestran mayor habilidad para formar este tipo de compuestos y, en consecuencia, son los de mayor abundancia. Los complejos de metales de transición con bases de Schiff dos o más enlaces imino se caracterizan por su tendencia a la polimerización [23]. Los ligandos con tres, cuatro o cinco enlaces imino suelen no ser muy comunes, pudiendo los dos últimos llegar a formar estructuras cerradas, en torno a los átomos metálicos, llamadas macrociclos, los cuales pueden ser preparados por reacciones en etapas e *in situ* [23].

Las bases de Schiff han sido uno de los ligandos más utilizados en la preparación de complejos metálicos. Entre los más importantes se encuentran las iminas derivadas del salicilaldehído ya que además de poder formar ligandos polidentados, juegan un papel importante en revelar la geometría preferida de varios complejos metálicos [24]. Los

métodos más usuales para la preparación de complejos con ligandos bases de Schiff son: a) interacción directa de la base de Schiff y sales metálicas, b) preparación *in situ* del complejo, con aldehído, amina primaria y sal metálica. Los acetatos metálicos son los mejores sustratos para complejar bases de Schiff, debido en gran parte a su solubilidad en alcoholes y de ser sales provenientes de ácidos débiles [25].

Los complejos metálicos de bases de Schiff han jugado un papel importante en el desarrollo de modelos estereoquímicos, tanto para los metales representativos como para los de transición, gracias a su estabilidad, fácil preparación y variabilidad en su estructura [26]. En un estudio [5], la cefradina se hizo reaccionar con salicilaldehído para formar un ligando base Schiff en una relación 1:1 que, luego, se hizo reaccionar con diversas sales metálicas que contenían iones metálicos tales como:  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  y  $Zn^{2+}$  para formar complejos en una relación 1:2, los cuales fueron caracterizados por análisis elemental, conductancia molar, susceptibilidad magnética, y espectroscopia infrarroja. Todos los complejos obtenidos fueron hexacoordinados, dihidratados con geometría octaédrica y presentaron actividad bactericida. La actividad antibacteriana tuvo la siguiente relación: complejos metálicos > ligando base Schiff > antibiótico libre [5]. Las fórmulas estructurales sugerida se presenta en la figura 7.

En la Universidad de Oriente Núcleo de Sucre, específicamente en el laboratorio 306 de Química de Coordinación, se han realizado diversos trabajos de investigación, donde el principal objetivo ha sido la transformación y elucidación estructural de complejos betalactámicos, haciendo reaccionar los antibióticos con diferentes compuestos aminados, para crear bioligandos que posteriormente se hicieron reaccionar con diferentes metales de transición [27-31].

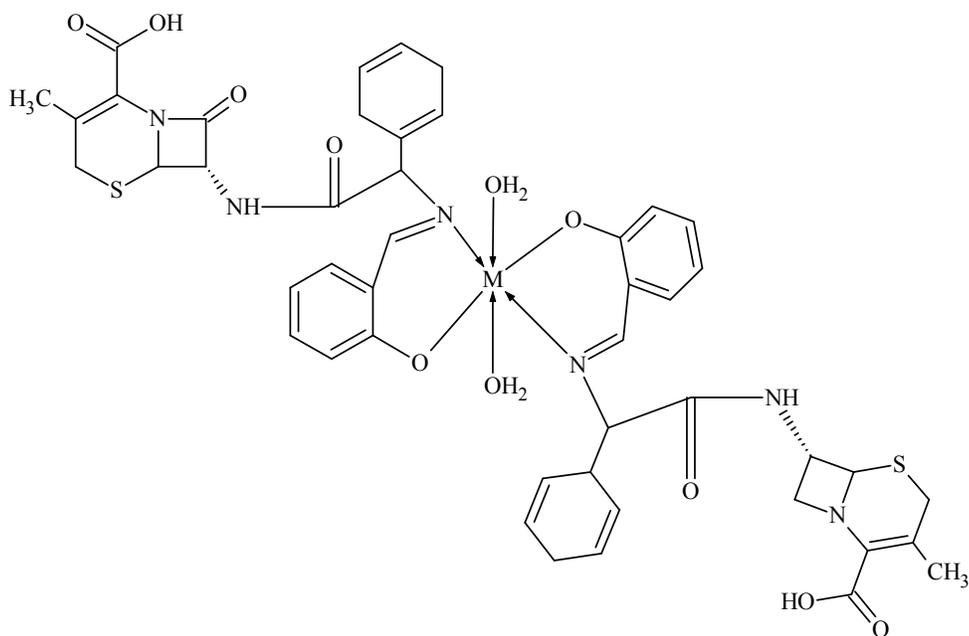


Figura 7. Fórmula estructural sugerida de los complejos de la base Schiff con cefradina,  $[M= Mn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} \text{ y } Zn^{2+}]$  [5].

En estudios realizados [27], se logró sintetizar varias bases de Schiff a partir de la cefradina (antibiótico similar a la cefalexina) con la 1,6-hexanodiamina ( $HL^1$ ), la trietilentetramina ( $HL^2$ ) y el silicilaldehído ( $HL^3$ ). En base a los resultados obtenidos las bases de Schiff se comportan como ligandos polidentados monoaniónicos y se proponen estructuras tetracoordinadas para los complejos con  $HL^2$  y hexacoordinadas para el resto de los complejos. En las figuras 8, 9 y 10 se muestran las fórmulas estructurales propuestas para los complejos.

En varios de estos estudios, se ha utilizado la cefalexina como base para la formación de ligandos [28-29]. En particular, se ha logrado sintetizar nuevos complejos metálicos con un ligando base de Schiff que contiene cefalexina y la 2,6-bis(hidracino)piridina. Los compuestos de coordinación obtenidos fueron sintetizados utilizando metales de la primera serie de transición y fueron caracterizados mediante técnicas espectroscópicas y fisicoquímicas. Mediante los resultados obtenidos se estableció que los compuestos de coordinación fueron del tipo  $[M(HL)(Ac)] \cdot nPF_6$  y  $[M(HL)(H_2O)_n] \cdot nPF_6$ ,  $[M= Mn^{2+},$

$\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ] y que la base de Schiff se comportaría como un ligando monoaniónico tetradentado y los complejos tendrían una estructura octaédrica distorsionada [28]. En la figura (11) se muestra la fórmula estructural sugerida para los complejos  $\text{M} = \text{Mn}^{2+}$  y  $\text{Ni}^{2+}$ .

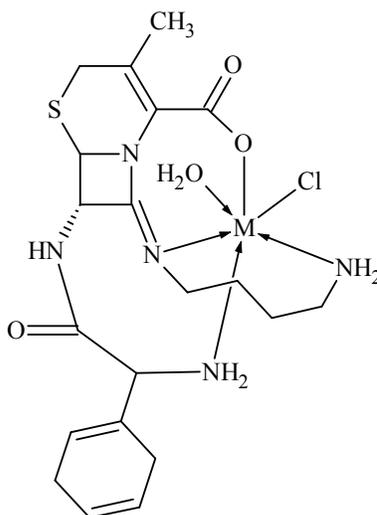


Figura 8. Fórmula estructural propuesta para los complejos sintetizados con el ligando  $\text{HL}^1$ ,  $\text{M} = \text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Cu}^{2+}$  [27].

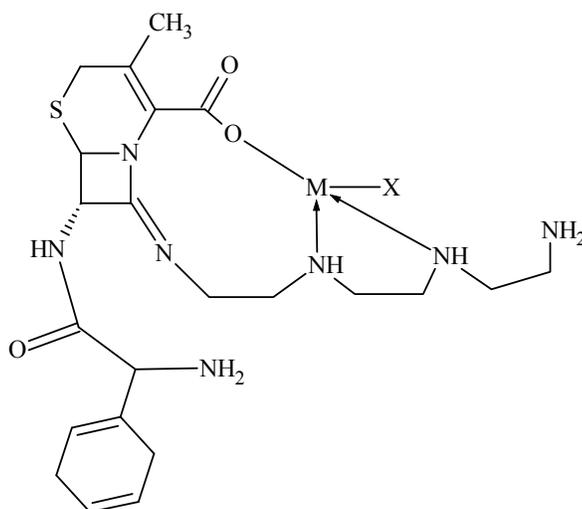


Figura 9. Fórmula estructural propuesta para los complejos sintetizados con el ligando  $\text{HL}^2$ ,  $\text{M} = \text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{X} = \text{H}_2\text{O}$  [27].

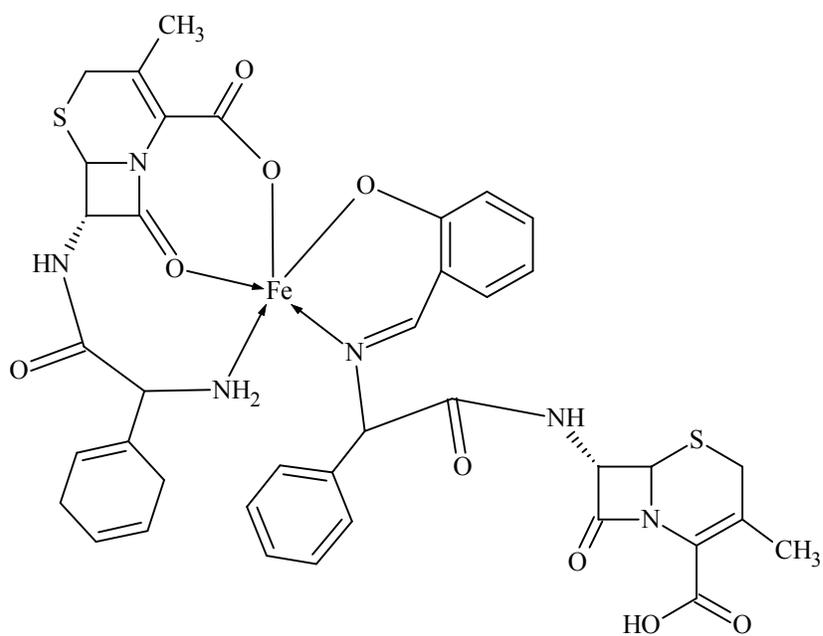


Figura 10. Fórmula estructural propuesta para el complejo de  $\text{Fe}^{2+}$  sintetizado con el ligando  $\text{HL}^3$  [27].

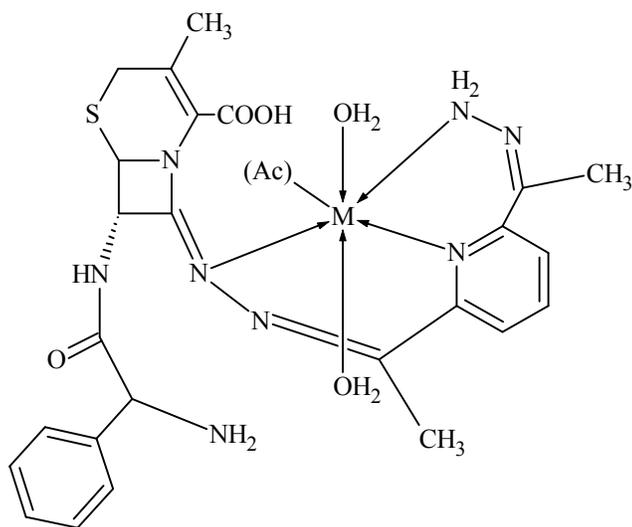


Figura 11. Fórmula estructural sugerida para los complejos  $\text{M} = \text{Mn}^{2+}$  y  $\text{Ni}^{2+}$  [28]

En función de lo antes citado, y en vista de la alta capacidad de formación de enlaces imino que poseen los compuestos betalactámicos al reaccionar con compuestos que poseen grupos amino y/o carbonilos y de la capacidad que tienen estas bases Schiff para reaccionar con metales de transición para formar compuestos más estables, es que se consideró importante modificar la estructura de la cefalexina, preparando una base de Schiff con el 1,2-diaminobenceno que, posteriormente, se hizo reaccionar con diversos iones metálicos para formar complejos metálicos base de Schiff. Luego, se examinan sus posibles estructuras mediante técnicas espectroscópicas y fisicoquímicas.

## METODOLOGÍA

Para la síntesis y obtención de la base de Schiff se lavó el antibiótico de uso comercial (cefalexina monohidrato) con una mezcla de agua-metanol, con la finalidad de eliminar los excipientes presentes en el mismo, el antibiótico fue filtrado, secado y guardado en un vial hasta su posterior uso. El 1,2-diaminobenceno se utilizó sin posterior purificación como base nitrogenada para la formación de la base de Schiff, esta es una diamina aromática de gran importancia como precursor para la formación de una diversidad de ligandos. Se ajustaron las condiciones de temperatura, pH y tiempo de reacción con el fin de obtener el mayor rendimiento posible.

### **Síntesis del ligando base de Schiff (HL) que contiene cefalexina y 1,2-diaminobenceno.**

El ligando base de Schiff fue preparado por reacción de la cefalexina con el 1,2-diaminobenceno. El método de preparación fue el siguiente:

La cefalexina (3 mmol) disuelta en NaOH ( $0,05 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) fue mezclada con el 1,2-diaminobenceno (3 mmol) disuelto en etanol ( $20 \text{ cm}^3$ ). La mezcla se llevó a un pH ligeramente ácido con HCl concentrado y se dejó en agitación constante aproximadamente 24 horas, tiempo necesario para que se observara la aparición de un líquido aceitoso de color amarillo. El esquema de formación de la base de Schiff se puede observar en la figura 12. Entre 10 y  $15 \text{ cm}^3$  de este líquido se sometió a reducción de volumen por evaporación lenta a temperatura ambiente durante 24 horas, luego de transcurrido este tiempo, se obtuvo un sólido cristalino de color amarillo que, fue filtrado y lavado sucesivamente con agua, metanol, etanol y eter. Finalmente se secó al vacío y se guardó en un vial de vidrio previamente esterilizado y rotulado, para luego realizar los análisis respectivos.

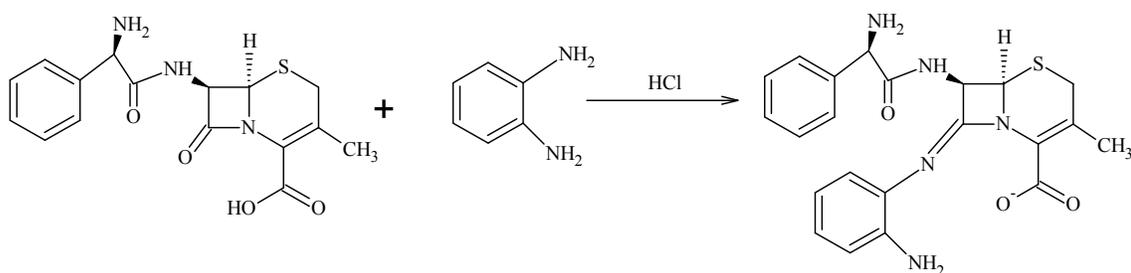


Figura 12. Esquema de formación del ligando base de Schiff (HL).

En el esquema de la formación del ligando base de Schiff (HL), se puede observar que el 1,2-diaminobenceno reacciona con el grupo carbonílico del anillo betalactámico por medio de una adición nucleofílica, como la amina es una amina primaria aromática, el producto de adición inicial sufre una deshidratación, para formar un compuesto que contiene un doble enlace carbono-nitrógeno; es decir, la base de Schiff.

### Síntesis de los complejos metálicos base de Schiff.

La preparación de los complejos se intentó por los siguientes métodos: (a) Interacción directa de la base de Schiff y las sales metálicas y, (b) Preparación *in situ* del complejo, con el antibiótico, amina primaria y sal metálica.

Después de llevar a cabo los estudios preliminares, el método (a) fue el más apropiado y, por ende, el que mejores resultados aportaba, por lo tanto, fue el utilizado para la preparación de los complejos metálicos base de Schiff de  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$ :

Los complejos fueron preparados mezclando la base de Schiff (1 mmol) con sales metálicas hidratadas (3 mmol):  $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , disueltas en 10  $\text{cm}^3$  de agua. El pH de la mezcla se ajustó aproximadamente a 8 con  $\text{NaOH}$  0,1  $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ , momento en el cual se observó, de forma inmediata, la aparición de los precipitados de color específico para cada complejo ( $\text{Mn}^{2+}$ : amarillo crema,  $\text{Co}^{2+}$ : marrón oscuro,  $\text{Ni}^{2+}$ : verde oscuro,  $\text{Cu}^{2+}$ : marrón rojizo y  $\text{Zn}^{2+}$ : amarillo pálido). Los precipitados fueron

filtrados y lavados sucesivamente con agua, metanol, etanol y éter etílico. Finalmente, se secaron al vacío y guardados en viales de vidrio previamente esterilizados, para luego ser analizados.

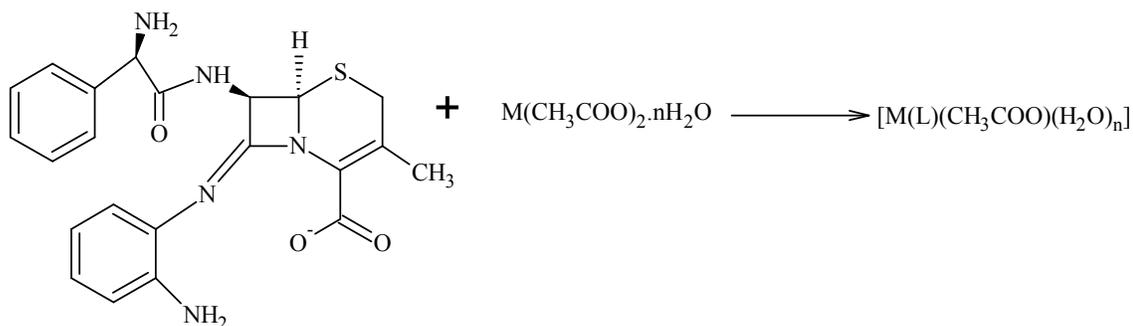


Figura 13. Esquema de formación de los complejos metálicos.

## CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS SINTETIZADOS

Empleando técnicas específicas se caracterizaron los diferentes complejos metálicos que contienen la base de Schiff.

### Análisis elemental

El análisis elemental de los complejos sintetizados fue realizado en un analizador elemental marca Fisons Instrument, modelo Eager 1108 CHNS-O, perteneciente al Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

### Medidas de conductividad molar

Estas medidas fueron realizadas en el Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente, usando un conductímetro marca Scientific Orion 5 Star. Para la medición se utilizaron soluciones de concentración  $1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$  y el solvente empleado fue el dimetilsulfóxido (DMSO).

### **Medidas de susceptibilidad magnética**

Las propiedades magnéticas de los complejos fueron determinadas mediante el uso de una balanza de susceptibilidad magnética marca Johnson Matthey, perteneciente al laboratorio 306 del Departamento de Química de la Universidad de Oriente. La balanza fue calibrada utilizando muestras de  $\text{CuSO}_4$  y  $\text{CoHg}(\text{SCN})_4$ .

### **Espectroscopia infrarroja (IR)**

Los espectros infrarrojos de los compuestos fueron realizados en pastillas de KBr, con la utilización de un espectrómetro Perkin Elmer modelo PARAGON 1000 con transformada de Fourier perteneciente al Instituto Universitario Tecnológico de Cumaná.

### **Espectroscopia ultravioleta-visible (UV-Visible)**

Todos los espectros electrónicos fueron realizados en soluciones  $1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$  de los compuestos disueltos en DMSO, en un espectrómetro Perkin Elmer, modelo Lambda 11, perteneciente al Departamento de Química de la Universidad de Oriente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis elemental

El análisis elemental del ligando base de Schiff y los complejos sintetizados se muestran en la tabla 1, donde se puede apreciar la buena correspondencia que existe entre los valores experimentales y los valores calculados (entre paréntesis), lo cual permite establecer la confiabilidad de los compuestos preparados. Los resultados estequiométricos muestran que en la base de Schiff la relación de la cefalexina con el 1,2-diaminobenceno es 1:1 y, que la misma proporción estequiométrica existe entre el metal y el ligando.

Tabla 1. Porcentajes de C, N e H de la base de Schiff (HL) y los complejos sintetizados.

Compuestos	%C	%N	S	Metal	H <sub>2</sub> O
Base de Schiff (HL)	57,80 (58,10)	15,01 (15,41)	(7,03)	-	-
[Mn(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	50,20 (50,67)	12,20 (12,32)	4,90 (4,45)	10,20 (9,37)	6,67 (6,14)
[Co(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	51,14 (50,32)	12,08 (12,23)	4,01 (4,00)	15,98 (14,72)	4,94 (6,10)
[Ni(L)(CH <sub>3</sub> COO)]	52,08 (51,98)	12,45 (12,64)	3,11 (3,43)	13,47 (12,57)	-
[Cu(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	49,84 (49,92)	12,09 (12,13)	3,30 (3,00)	-	-
[Zn(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	49,68 (49,76)	11,98 (12,09)	(4,00)	15,19 (16,12)	-

Los complejos metálicos se caracterizan por obtenerse no completamente puros. La presencia de mucha agua, CH<sub>3</sub>OH, M(OH)<sub>2</sub> y 0.5 molar de azufre están siempre presentes. Los porcentajes están calculados para masas moleculares aproximadas; para

el complejo de manganeso (1078 g/mol), para el de cobalto y Zinc (1200 g/mol), para el de níquel (1400 g/mol) y para el complejo de cobre (1600 g/mol).

### Conductividad molar

La conductividad molar de soluciones  $1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$  de los complejos se revela como un método experimental que permite conocer el comportamiento electrolítico de dichos compuestos y determinar la existencia de especies iónicas en solución, lo que constituye una importante información para la caracterización de la posible composición de dichos compuestos, cuando no es posible hacer un análisis estructural por difracción de rayos X de los mismos. Por lo tanto, mediante las medidas de conductividad molar se puede saber el tipo de electrolito presente en cada compuesto, y de esta forma tener información sobre la coordinación o no del anión. En la tabla 2, se muestran los valores de conductividad molar medidos para los complejos metálicos.

Tabla 2. Conductividad molar de los complejos base Schiff en DMSO.

Complejos	$\Lambda_m$ (S.cm <sup>2</sup> .mol <sup>-1</sup> )	Tipo de electrolito
[Mn(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	3,56	No conductor
[Co(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	3,25	No conductor
[Ni(L)(CH <sub>3</sub> COO)]	2,87	No conductor
[Cu(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	4,25	No conductor
[Zn(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	5,06	No conductor

L: Ligando Base de Schiff,  $\Lambda_m$ : conductividad molar, S: siemens: ohm<sup>-1</sup>.

Los valores de la conductividad molar de los complejos, medidos a temperatura ambiente, se encuentran en el rango 2,87-5,06 S.cm<sup>2</sup>.mol<sup>-1</sup>. Según Geary [32], indican que los complejos son no conductores de la corriente eléctrica cuando están disueltos en DMSO, por lo tanto, no hay iones disueltos en la solución. Esto revela que dichos complejos no poseen en su estructura química iones disociables que pueden desplazarse

por el solvente utilizado, lo cual permite inferir, que posiblemente el anión acetato ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) esté coordinando al metal.

### Medidas de susceptibilidad magnética

Es bien conocido que toda sustancia, al ser colocada en un campo magnético externo, experimenta una magnetización. La susceptibilidad magnética  $\chi$  es una de las propiedades inherentes de la materia y permite describir la forma y grado de magnetización de cualquier sustancia al ser colocada en un campo magnético. Si la sustancia adquiere una magnetización en el mismo sentido, o en sentido contrario al campo externo, la sustancia es paramagnética o diamagnética, respectivamente. A través de los años ha habido una serie de técnicas utilizadas para determinar la susceptibilidad magnética de los complejos de metales de transición. Estas incluyen el método de Gouy, el método de Faraday y el método de resonancia magnética nuclear (RMN). En 1974 D. F. Evans [33], desarrolló un nuevo tipo de equilibrio a microescala para medir la susceptibilidad magnética basada en el método de Gouy, que comercialmente se encuentra disponible como balanza de susceptibilidad magnética Johnson Matthey.

Esta balanza fue la utilizada para determinar la susceptibilidad magnética de los complejos sintetizados, para luego, calcular, a partir ella los momentos magnéticos de dichos complejos, ya que los mismos no se pueden medir directamente. La susceptibilidad magnética por gramos se calculó usando la siguiente expresión:

$$\chi_g = \frac{C_{\text{bal}} l (R - R_0)}{10^3 m}$$

donde;  $C_{\text{bal}}$ : constante de calibración de la balanza,  $l$ : longitud de la muestra en el tubo,  $R_0$ : susceptibilidad magnética del tubo vacío,  $R$ : susceptibilidad magnética del tubo con muestra y  $\chi_g$ : susceptibilidad magnética por gramos.

La susceptibilidad molar,  $\chi_M$ , es calculada multiplicando la masa molecular del compuesto por la susceptibilidad por gramos. La susceptibilidad molar es positiva si la sustancia es paramagnética y negativa si la sustancia es diamagnética. La susceptibilidad molar medida es una suma de la contribución paramagnética de los electrones no apareados en el ion metálico y las contribuciones diamagnéticas de los ligandos y los contra iones. Esto se puede expresar por:

$$\chi_{\text{total}} = \chi_{\text{para}} + \chi_{\text{dia}} (\text{L} + \text{ión}),$$

por lo tanto;

$$\chi_{\text{para}} = \chi_{\text{corr}} = \chi_{\text{total}} - \chi_{\text{dia}}$$

La  $\chi_{\text{dia}}$  es negativa y puede ser estimada mediante el uso de las constantes de Pascal.

En la tabla 3, se aprecian los valores de susceptibilidad magnética obtenidos para los complejos de  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$ .

Tabla 3. Medidas de la susceptibilidad magnética de los complejos sintetizados.

Complejos	Masa de la muestra (mg)	$R_0$	R	l (cm)	$\chi_{\text{corr}} (\text{cm}^3 \text{mol}^{-1})$
$[\text{Mn}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$	20,04	-55	230	1,50	$14848,36 \cdot 10^{-6}$
$[\text{Co}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$	56,40	-59	489	1,60	$11065,17 \cdot 10^{-6}$
$[\text{Ni}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})]$	38,70	-59	206	1,60	$7611,05 \cdot 10^{-6}$
$[\text{Cu}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$	54,8	-55	023	1,70	$1899,33 \cdot 10^{-6}$
$[\text{Zn}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$	48,60	-55	0	1,60	0

Los complejos de  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Cu}^{2+}$  se comportan como sustancias paramagnéticas, en el caso de estos complejos el paramagnetismo es notable porque estos iones metálicos presentan en el orbital 3d un número específico de electrones desapareados; es decir, poseen orbitales electrónicos parcialmente llenos y, como

consecuencia de esto un momento magnético resultante distinto de cero o permanente. De igual forma se midió la susceptibilidad del complejo de  $Zn^{2+}$ , el cual resultó ser diamagnético. En este caso, el metal posee una capa electrónica completa; es decir, los momentos angular orbital y de espín son nulos ( $\sum m_l = 0, \sum m_s = 0$ ).

### **Momentos magnéticos de los complejos metálicos**

El movimiento de los electrones no apareados produce un momento de dipolar magnético. Para nuestros propósitos, los movimientos más importantes son el giro del electrón alrededor de su propio eje y el movimiento de los electrones en torno al núcleo. En los casos en que no hay degeneración de los orbitales en el término fundamental, los electrones no se pueden mover independientemente unos de otros, y no hay contribución de los orbitales al momento magnético (se dice que la contribución de los orbitales está anulada), más sin embargo, si el estado basal de la molécula tiene una degeneración orbital, hay una contribución del orbital al momento magnético.

El momento magnético efectivo, denotado  $\mu_{eff}$ , es generalmente una medida útil para determinar el número de electrones desapareados y suministrar información acerca del estado de oxidación del metal, lo cual permite proponer una posible estructura geométrica [32]. En el caso de los compuestos de  $Ni^{2+}$ , los momentos magnéticos pueden ser útiles casi siempre para distinguir entre complejos planos, que son diamagnéticos, y complejos tetraédricos y octaédricos, que son paramagnéticos con dos electrones desapareados. Estudios magnéticos más detallados permiten distinguir en casos favorables entre complejos octaédricos y tetraédricos porque la contribución orbital no está eliminada en la misma extensión en los dos casos [34].

En la tabla 4, se aprecian los momentos magnéticos calculados de los complejos de  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  y  $Cu^{2+}$  a partir de la  $\chi_{corr}$ , considerando sólo la contribución de spin utilizando la siguiente expresión:

$$\mu_{eff} = 2,82(\chi_{corr} T)$$

Se deduce que, a falta de acoplamiento de spin-orbital el número de electrones se puede determinar por:

$$\mu_{eff} = \sqrt{n(n+2)}$$

Donde  $n$  es el número de electrones desapareados.

Tabla 4. Momentos magnéticos ( $\mu_{eff}$ ) de los complejos sintetizados.

Complejos	$\mu_{eff}(\mu_B)$ calculado	$\mu_{eff}(\mu_B)$ teórico
[Mn(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	5,95	5,92
[Co(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	5,14	3,87
[Ni(L)(CH <sub>3</sub> COO)]	4,26	2,83
[Cu(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	2,13	1,73
[Zn(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	0,00	0,00

$\mu_B$ : magnetón de Bohr.

En la tabla 5 se puede observar una comparación entre los valores de los momentos magnéticos calculados de los complejos metálicos y los valores esperados para diferentes estereoquímicas. En el complejo [Mn(L)(CH<sub>3</sub>COO)(H<sub>2</sub>O)], el ión Mn<sup>2+</sup> presenta una configuración  $d^5$  paramagnético y de alto spin, cuyo valor del momento magnético calculado se corresponde con el valor esperado para 5 electrones desapareados. Este resultado permite inferir que posiblemente el ión Mn<sup>2+</sup> se encuentre en un entorno octaédrico con un término fundamental  ${}^6A_{1g}$  (S= 5/2).

En el complejo [Co(L)(CH<sub>3</sub>COO)(H<sub>2</sub>O)], el Co<sup>2+</sup> es un ión  $d^7$  con tres electrones desapareados. El momento magnético medido es 5,14  $\mu_B$ , el cual no corresponde con el valor esperado para 3 electrones desapareados. Esta diferencia puede deberse a una

contribución orbital. Es importante resaltar que posiblemente el metal esté en un entorno octaédrico con un término fundamental  ${}^4T_{1g}$  ( $S=3/2$ ), debido a que un complejo  $d^7$  octaédrico de alto spin tiene una configuración con 5 electrones en los orbitales  $t_{2g}$  ( $t_{2g}^5 e_g^2$ ), por lo que es esperable una fuerte contribución orbital.

Tabla 5. Momentos magnéticos de los complejos y los esperados para diferentes estereoquímicas.

Catione metálico	$\mu_{eff} (\mu_B)$	Valores citados en la literatura			
		$O_h$	5-coordinado	$T_d$	Plano cuadrado
$Mn^{2+}$	5,95	5,90	-	-	-
$Co^{2+}$	5,14	4,70-5,20	-	4,40-4,80	2,10-2,80
$Ni^{2+}$	4,26	2,90-3,30	3,20-3,40	3,2-4,1	Diamagnético
$Cu^{2+}$	2,13	1,70-2,20	-	-	1,70-2,20

El  $Ni^{2+}$  en el complejo  $[Ni(L)(CH_3COO)]$  es un ión  $d^8$  paramagnético y de alto spin con un valor de momento magnético igual a  $4,26 \mu_B$ . En un campo octaédrico el  $Ni^{2+}$  tiene un estado fundamental no degenerado  ${}^3A_2$  ( $t_{2g}^6 e_g^2$ ), y no se espera una contribución del acoplamiento espín-órbita.. Los complejos tetraédricos de  $Ni^{2+}$  tienen un término fundamental  ${}^3T_1$  con una configuración  $e^4 t_2^4$ , y cabe esperar una gran contribución del orbital al momento magnético. Tanto los complejos tetraédricos como octaédricos de  $Ni^{2+}$  tienen dos electrones desapareados, pero sus momentos magnéticos están en torno a  $4 \mu_B$  para los primeros y  $3,4 \mu_B$  o menos para los segundos [35]. Por tal motivo, se puede sugerir que el  $Ni^{2+}$  en el complejo  $[Ni(L)(CH_3COO)]$  se encuentre en un entorno tetraédrico.

En el complejo  $[Cu(L)(CH_3COO)(H_2O)]$ , el  $Cu^{2+}$  es un ión  $d^9$  paramagnético de alto spin con un electrón desapareado y un valor de momento magnético igual a  $2,13 \mu_B$ , el

cual se corresponde con el momento magnético esperado para el ión  $\text{Cu}^{2+}$  y su magnitud sugiere la presencia de estructura octaédrica con un término fundamental  ${}^2E_g$  ( $S=1/2$ ).

El ión  $\text{Zn}^{2+}$  en el complejo  $[\text{Zn}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$ , es un ión que posee todos sus orbitales  $d$  llenos, es decir, es un complejo diamagnético y por tanto no presenta medidas de momento magnético.

### **Espectroscopía ultravioleta-visible**

La espectroscopia ultravioleta-visible es una técnica de excitación en que mediante la absorción de radiación se producen saltos electrónicos entre niveles de energía moleculares, para ello se barre el espectro electromagnético en la zona ultravioleta-visible registrándose las absorciones de energía cuando se alcanza la condición de resonancia:  $\Delta E = h\nu$ .

En los complejos de metales de transición, la absorción en el espectro visible se origina cuando un electrón es excitado entre dos niveles energéticos que son, ambos, orbitales  $d$  del átomo metálico. El estudio de estas transiciones, denominadas transiciones  $d \rightarrow d$ , constituye la base de la técnica denominada espectroscopia electrónica. Una correcta interpretación de un espectro, puede proporcionar información muy valiosa sobre el número de coordinación y la geometría del complejo. En la tabla 6, se resumen las principales transiciones electrónicas del ligando base de Schiff y sus complejos de  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$ .

En el apéndice A se muestran los espectros electrónicos del ligando base de Schiff y los complejos sintetizados. En la figura A1 se muestra el espectro electrónico del ligando base de Schiff, el cual presenta dos bandas de absorción en la región ultravioleta. Estas bandas están situadas a 313 y 357 nm, las cuales pueden ser atribuidas a transiciones tipo  $\pi \rightarrow \pi^*$  o  $n \rightarrow \pi^*$  de los anillos aromáticos y/o del par electrónico de los átomos dadores N y O.

Tabla 6. Principales transiciones electrónicas del ligando base de Schiff y sus complejos.

Compuestos	Transiciones electrónicas (nm)	
	En el ligando	$d \rightarrow d$
Ligando base de Schiff (L)	313, 357	
[Mn(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	305, 360, 384	
[Co(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	307, 349	725
[Ni(L)(CH <sub>3</sub> COO)]	301, 350	673, 791
[Cu(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	304, 351, 384	
[Zn(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	263, 300, 370	

En el espectro electrónico del complejo metálico [Mn(L)(CH<sub>3</sub>COO)(H<sub>2</sub>O)] (figura A2), se visualizan tres bandas de absorción. Una banda a 305 nm y otra a 360 nm correspondientes a las transiciones tipo  $\pi \rightarrow \pi^*$  o  $n \rightarrow \pi^*$  en el ligando. La última banda de absorción está ubicada a 384 nm que probablemente pudiera ser debida a una transferencia de carga del metal al ligando. El complejo no muestra transiciones de tipo  $d \rightarrow d$  permitidas.

El espectro electrónico del complejo [Co(L)(CH<sub>3</sub>COO)(H<sub>2</sub>O)] presenta tres bandas de absorción (figura A3). Dos bandas ubicadas en la región ultravioleta correspondientes al ligando y otra ubicada a 725 nm probablemente debidas a transiciones del tipo  $d \rightarrow d$ .

En el caso del complejo [Co(L)(CH<sub>3</sub>COO)(H<sub>2</sub>O)], el ión metálico Co<sup>2+</sup>, tiene una configuración  $d^7$  con un estado fundamental  $^4T_{1g}$  para la geometría octaédrica y  $^4A_2$  para una geometría tetraédrica. Para un entorno octaédrico el término  $^4F$  se degenera en tres términos  $^4T_{1g}$ ,  $^4T_{2g}$  y  $^4A_{2g}$  y el término  $^4P$  degenera en un término  $^4T_{1g}$ , por lo tanto debería aparecer en la región visible tres señales permitidas de transiciones  $d \rightarrow d$  (figura 14). Sin embargo, sólo aparece una banda poco usual a 725 nm (13793 cm<sup>-1</sup>), que

podría ser utilizada para hacer un cálculo aproximado del grado de covalencia en el compuesto.

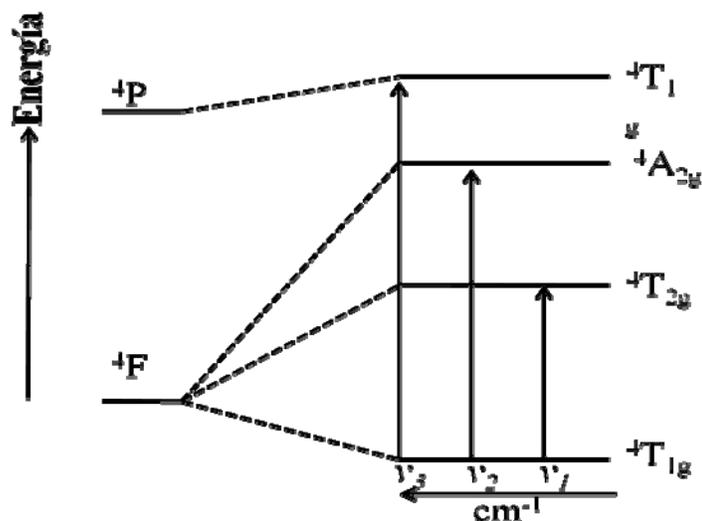


Figura 14. Diagrama de los distintos niveles de energía para el  $\text{Co}^{2+}$ .

En un complejo  $d^7$  con simetría  $O_h$ , la posición de las tres bandas permitidas  $\nu_1$ ,  $\nu_2$ , y  $\nu_3$  está relacionada con el desdoblamiento del campo,  $10Dq$ , y el parámetro de repulsión interelectrónica de Racah,  $B$ , a través de las ecuaciones [36]:

$$\nu_1 = \frac{1}{2}(10Dq - 15B) + \frac{1}{2}[(10Dq + 15B)^2 - 12B \cdot 10Dq]^{1/2} \quad (1)$$

$$\nu_2 = \frac{1}{2}(30Dq - 15B) + \frac{1}{2}[(10Dq + 15B)^2 - 12B \cdot 10Dq]^{1/2} \quad (2)$$

$$\nu_3 = [(10Dq + 15B)^2 - 12B \cdot 10Dq]^{1/2} \quad (3)$$

Donde  $B$  indica la magnitud de la repulsión interelectrónica entre los términos electrónicos en un átomo gaseoso. El valor del parámetro  $B$  puede determinarse mediante las ecuaciones propuestas por König [37] obtenidas a partir de las anteriores. Así que a partir de las ecuaciones (1) y (3) se obtienen las siguientes expresiones:

$$10Dq = 2\nu_1 - \nu_3 + 15B \quad (4)$$

$$B = \left(\frac{1}{30}\right) \left[ -(2\nu_1 - \nu_3) \pm (-\nu_1^2 + \nu_3^2 + \nu_1\nu_3)^{1/2} \right] \quad (5)$$

Donde sólo el valor positivo de B tiene sentido físico. Utilizando la relación  $\nu_3/\nu_1$  obtenidas experimentalmente para otros complejos octaédricos, (tabla A1) [38], es posible predecir un valor  $\nu_1$  utilizando el valor obtenido experimentalmente de  $\nu_3$  (725 nm, 13793 cm<sup>-1</sup>).

En la tabla 7, se pueden apreciar los valores obtenidos para  $\nu_1$ , 10Dq y B a partir de la relación  $\nu_3/\nu_1$  y de las ecuaciones 4 y 5 respectivamente.

Tabla 7. Valores de  $\nu_1$ , 10Dq y B para el complejo [Co(L)(CH<sub>3</sub>COO)(H<sub>2</sub>O)] en cm<sup>-1</sup>.

$\nu_3/\nu_1$	$\nu_1$	$\nu_3$	B	10Dq
2,1	6568	13793	622	8673
2,3	5997	13973	658	7891

Los resultados obtenidos tienen una buena concordancia con los valores encontrados para varios complejos octaédricos de Co<sup>2+</sup> (tabla 8). El parámetro nefelauxético  $\beta$ , definido por  $\beta = B/B_0$ , donde B<sub>0</sub> es el parámetro de repulsión interelectrónica para el ión libre, que en el caso del ión Co<sup>2+</sup> adopta un valor de 971 cm<sup>-1</sup> [37], fue calculado a partir del valor obtenido para B.

Los valores hallados de  $\beta$  para el complejo [Co(L)(CH<sub>3</sub>COO)(H<sub>2</sub>O)] fueron 0,64 cm<sup>-1</sup> con B= 622 cm<sup>-1</sup> y 0,68 cm<sup>-1</sup> con B= 658 cm<sup>-1</sup>. Estos valores de  $\beta$  se encuentran por debajo de la mayoría de los observados para los complejos que se encuentran en la tabla 8. Es importante resaltar que los parámetros B y  $\beta$  están relacionados de forma directa al ser  $\beta$  un índice del grado de covalencia metal-ligando, por lo que, a mayor interacción covalente, menor será el valor de  $\beta$ . Estos resultados de  $\beta$  indican el alto grado de covalencia presente en el complejo.

En el espectro electrónico del complejo  $[\text{Ni}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})]$  (figura A4), se pueden apreciar cuatro bandas. Dos bandas de absorción en la región visible correspondientes a transiciones del tipo  $\pi \rightarrow \pi^*$  o  $n \rightarrow \pi^*$  en el ligando y las otras dos ubicadas a 673 y 791 nm debidas a transiciones del tipo  $d \rightarrow d$ .

En el espectro electrónico del complejo  $[\text{Cu}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$  (figura A5), se pueden observar tres bandas. Dos de estas bandas corresponden al ligando y la tercera ubicada a 384 nm que posiblemente pudiera ser originada por una transferencia de carga del ligando al metal, la cual puede causar la coloración rojiza del complejo. En el espectro de este complejo no se detallan con claridad las transiciones del tipo  $d \rightarrow d$ , no permitiendo una sugerencia clara de alguna geometría para el mismo, pero probablemente es octaédrica.

Finalmente, para el complejo  $[\text{Zn}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$  (figura A6) se observan unas absorciones a 263 y 300 nm atribuidas a las transiciones del ligando, aunque con un ligero desplazamiento. También se puede observar una absorción a 370 nm probablemente a una transferencia de carga del ligando al metal. El complejo de  $\text{Zn}^{2+}$  por presentar todos sus electrones apareados y su estado fundamental  $^1\text{S}_0$  es un singlete, no presenta transiciones del tipo  $d \rightarrow d$ .

### **Espectroscopia infrarroja**

La espectroscopia infrarroja es una técnica usada ampliamente en química inorgánica y orgánica para obtener información estructural y, combinada con otras técnicas, permite la caracterización de determinados compuestos químicos, cuando no es posible utilizar la técnica de difracción de rayos X.

Las principales bandas de absorción de IR del antibiótico cefalexina, el ligando base de Schiff y sus complejos se pueden observar en la tabla 8. Los espectros se muestran en el apéndice B desde la figura B1 hasta la figura B7.

Tabla 8. Principales bandas de absorción ( $\text{cm}^{-1}$ ) de IR de la cefalexina, el ligando base de Schiff y sus complejos.

Compuestos	$\nu(\text{C}=\text{O})$	$\nu(\text{C}=\text{O})$	$\nu(\text{C}=\text{N})$	$\nu(\text{COO})$	$\nu(\text{COO})$	$\Delta\nu$
	lact.	amida	imino	asim.	sim.	
Cefalexina	1755	1690		1590	1395	195
Base de Schiff (HL)	-	1650	1640	1620	1410	210
[Mn(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	-	1640	1630	1610	1405	205
[Co(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	-	1640	1630	1605	1380	225
[Ni(L)(CH <sub>3</sub> COO)]	-	1649	1635	1618	1410	208
[Cu(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	-	1645	1630	1620	1410	210
[Zn(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	-	1645	1630	1615	1410	205

$\nu$ :stretching

El espectro infrarrojo de la cefalexina (figura B1) presenta una banda a  $1755 \text{ cm}^{-1}$  correspondiente a la vibración stretching C=O del anillo lactámico y una banda a  $1690 \text{ cm}^{-1}$  que corresponde al stretching C=O del grupo amida. También presenta una banda a  $1590 \text{ cm}^{-1}$  correspondiente al stretching asimétrico del grupo carboxilato y otra a  $1395 \text{ cm}^{-1}$  perteneciente al stretching simétrico del grupo carboxilato.

En el espectro del ligando base de Schiff (figura B2) se observa una banda de absorción a  $1640 \text{ cm}^{-1}$  correspondiente a la vibración stretching del grupo imino y una banda a  $1650 \text{ cm}^{-1}$  que corresponde al stretching C=O del grupo amida. Además presenta una banda a  $1620 \text{ cm}^{-1}$  correspondiente al stretching asimétrico del grupo carboxilato y otra a  $1410 \text{ cm}^{-1}$  que corresponde al stretching simétrico del mismo grupo. Estos resultados

verifican que la reacción de condensación de la base de Schiff fue exitosa y que la inclusión de la base nitrogenada se hizo en el anillo betalactámico de la cefalexina.

Los espectros de los complejos metálicos, mostrados desde la figura B3 hasta la figura B7, presentan bandas de absorción semejantes a las del ligando con algunas diferencias en la intensidad, también se puede observar ligeros desplazamientos hacia la zona de energías menores, esto se debe a que las frecuencias vibracionales del ligando cambian cuando coordinan al metal, esto causa una disminución en la constante de fuerza del enlace C=N, por tal motivo es de esperarse el corrimiento para la vibración stretching del enlace C=N, al pasar del ligando libre al complejo.

El grupo carboxilato presente en la base de Schiff, también participa en la coordinación al metal. Los valores hallados de  $\Delta\nu$  entre los stretching asimétrico y simétrico del grupo carboxilato en los espectros de los complejos son mayores de  $200\text{ cm}^{-1}$ , sugiriendo que este grupo está unido al metal en forma monodentada, es decir, mediante uno de los dos átomos de oxígeno del grupo  $\text{COO}^-$  [39].

### **Estructuras sugeridas para los complejos**

Considerando los resultados obtenidos aportados por los momentos magnéticos, los espectros IR y ultravioleta-visible, el análisis elemental y las medidas de conductividad molar, se sugiere estructura tetracoordinada para el complejo de  $\text{Ni}^{2+}$  y estructura hexacoordinada para los complejos de  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$ .

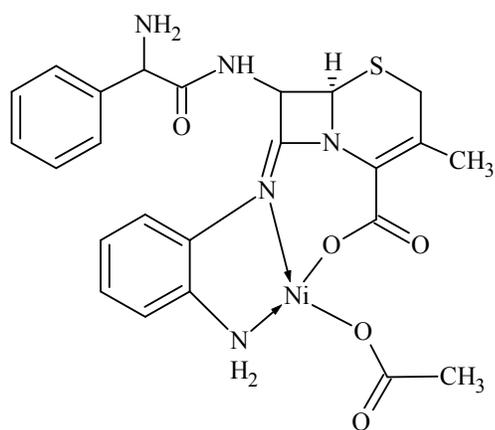


Figura 15. Fórmula estructural propuesta para el complejo de Ni<sup>2+</sup>.

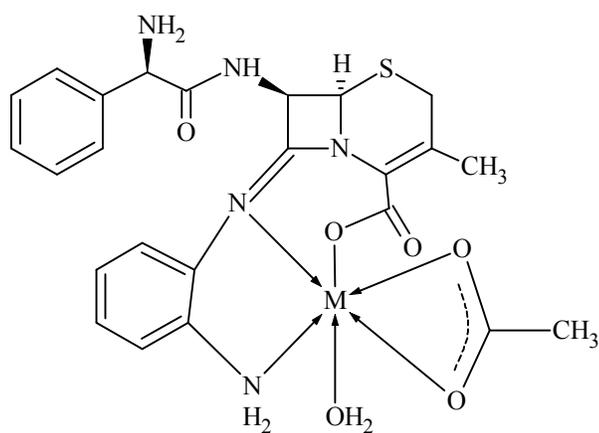


Figura 16. Fórmula estructural propuesta para los complejos M= Mn<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> y Zn<sup>2+</sup>.

## CONCLUSIONES

Se logró sintetizar un nuevo ligando base de Schiff a partir del antibiótico cefalexina y la amina aromática 1,2-diaminobenceno. El enlace C=N fue el resultado del proceso de condensación de la amina en el grupo carbonilo del anillo betalactámico como lo sugiere el análisis de espectroscopia infrarroja.

Se obtuvieron complejos metálicos de  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  y  $Zn^{2+}$  a partir del ligando base de Schiff que contiene cefalexina y 1,2-diaminobenceno.

Basados en los resultados obtenidos mediante los análisis fisicoquímicos y espectroscópicos, se proponen estructura tetracoordinada para el complejo de  $Ni^{2+}$  y hexacoordinadas para el resto de los complejos, en los cuales la base de Schiff actuaría como un ligando monoaniónico tridentado.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Osowole, A. A. 2008. Syntheses and characterization of some tetradentate Schiff-Base complexes and their heteroleptic analogues. *J. Chem.*, 5: 130-135.
- [2] Rajavel, R.;Vadivu, M. y Anhita, C. 2008. Synthesis, physical characterization and biological activity of some Schiff base complexes. *J. Chem.*, 5: 620-626.
- [3] Raman, N.; Raja, Y. P. y Kulandaisamy, A. 2001. Synthesis and characterization of Cu (II), Ni(II), Mn(II), Zn(II) and VO(II) Schiff base complexes derived from *o*-phenylenediamine and acetoacetanilide. *Chem. Sci.*, 113:183-189.
- [4] Mohamed, G. G. 2006. Synthesis, characterization and biological activity of bis(phenylimine) Schiff base ligands and their metal complexes. *Spectrochimica acta parte A*. 64: 188-195.
- [5] Kukhari, I.; Arif, M.; Akbar, J. y Khan, A. 2004. Preparation, characterization and biological evaluation of Schiff base transition metal complexes with cephradine. *Pak. J. Biol. Sci.* 8, 4:614-617.
- [6] Mar, M. y Francesc G. 2003. Antibioticos betalactámicos. *Enferm Infecc Microbiol clin*, 21(1): 42-55.
- [7] Mandell, G.; Douglas, R. y Bennett, J (editor). 1985. *Anti infective therapy*. Wiley Medical Publication. USA.
- [8] Stein, H. 1987. *Medicina interna*. Segunda edición. Salvat editores, S.A. España.
- [9] Katzung, B. 1991. *Farmacología básica y clínica*. Cuarta edición. Editorial El Manual Moderno, S. A. México.

- [10] Spilva, A. y Muktans, Y. 1996. *Guía de las especialidades farmacéuticas en Venezuela*. XXIV edición. Editorial Melvin. Caracas, Venezuela.
- [11] Novelli, A.; Conti, S.; Cassetta, M. I. y Fallani, S. 2000. Cephalosporins: a pharmacological update. *Clin. Microbiol. Infect.*, 3:50.
- [12] Anacona, J. y Gil, C. 2000. Synthesis and antibacterial activity of cefoxitin metal complexes. *Trans. Met. Chem.*, 30: 605-609.
- [13] Anacona, J. y Estacio, J. 2006. Synthesis and antibacterial activity of cefixime metal complexes. *Trans. Met. Chem.*, 31: 227-231.
- [14] Anacona, J. 2001. Synthesis and antibacterial activity of some metal complexes of beta-lactamic antibiotics. *J. Coord. Chem.*, 54:355-365.
- [15] Anacona, J. y Rodriguez, H. 2009. Synthesis and antibacterial activity of cefepime metal complexes. *J. Coord. Chem.*, 62: 2212-2219.
- [16] Anacona, J. y Patiño C. 2009. Synthesis and antibacterial activity of ceftazidime metal complexes. *J. Coord. Chem.*, 62: 613-621.
- [17] Anacona, J. y Rodriguez, I. 2004. Synthesis and antibacterial activity of cephalixin metal complexes. *J. Coord. Chem.*, 57: 1263-1269.
- [18] Anacona, J. y Acosta, F. 2006. Synthesis and antibacterial activity of cephradine metal complexes. *J. Coord. Chem.*, 59: 621-627.
- [19] Anacona, J. y Rodriguez, A. 2005. Synthesis and antibacterial activity of ceftriaxone metal complexes. *Trans. Metal. Chem.*, 30: 897-901.

- [20] Anacona, J. y Alvarez, P. 2002. Synthesis and antibacterial activity of cefazolin metal complexes. *Trans. Met. Chem.*, 27: 856-860.
- [21] Anacona, J. y Osorio, I. 2008. Synthesis and antibacterial activity of copper(II) complexes with sulphathiazole and cephalosporin ligands. *Trans. Met. Chem.*, 33:517-521.
- [22] Collinsom, S. y Fenton, E. 1996. Metal complexes of bibracchial Schiff base macrocycles. *Cood. Chem. Rev.*, 148: 19-40.
- [23] Kasselouri, S.; Garoufis, A. y Kalkanis, G. 1993. Complexes of divalent transition metal chlorides with the tetradentado Schiff base ligand 1,2-bis-(2-pyridylmethylenimino)-benzene. *Trans. Met. Chem.*, 18: 531-536.
- [24] Sonmez, M.; y Pol, M. 2002. *J. Chem.*, 76:907-917.
- [25]Garnovs, A. y Sadimenco, A. 1998. *Coord. Chem. Rev.*, 173:31-77
- [26]Serron, S. A.; Hear, C. M. y Nolan, S. P. 1997. Synthesis, characterization, and catalyc behavior of ruthenium (II) Schiff base complexes. *Organometallic*, 16:5120-5123.
- [27] Ramirez, L. 2009. Síntesis, caracterización y actividad antibacteriana de complejos metálicos con bases de Schiff que contienen cefradina. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
- [28] Rangel, V. 2010. Síntesis de complejos metálicos con un ligando base de Schiff que contiene cefalexina. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.

- [29] Rincones, M. 2009. Síntesis y caracterización de complejos metálicos con una hidrazona que contiene cefalexina. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
- [30] Mago, K. 2009. Síntesis y caracterización de complejos metálicos con base de Schiff que contiene amoxicilina. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
- [31] Amenta, J. 2010. Síntesis de complejos metálicos con un ligandos base Schiff que contiene ceftriaxona y 2,6-diaminopiridina. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
- [32] Geary, W. 1971. The use of conductivity measurements in organic solvents for the characterisation of coordination compounds. *Coord. Chem. Rev.* 7: 81-122.
- [33] Evans, D. F. 1974. *J. Phys. E; Sci. Instr.*, 7, 247.
- [34] Bodie, D. y Dar, McD. 1970. Conceptos y modelos de química inorgánica. Editorial reverté, España.
- [35] Clyde Day, JR. y Selbin, J. 1969. Theoretical inorganic chemistry. Segunda edición. International student editions.
- [36] Drago, R. S. 1965. Physical methods in inorganic chemistry. Reinhold publishing corp. United states.
- [37] Konig E. "The nephelauxetic effect. Calculation and accuracy of the interelectronic repulsion parameters I. Cubic high spin  $d^2$ ,  $d^3$ ,  $d^7$ ,  $d^8$  systems". Structure and bonding. Pag. 175-212.

[38] Maldonado-Rogado, M. A. 2006. Determinación de parámetros derivados de la estructura electrónica para complejos octaédricos de Co(II). Tesis doctoral. Departamento de Química, Universidad de Extremadura. España.

[39] Nakamoto, K. 1986. Infrared and Raman Spectra of inorganic and coordination compounds. 4<sup>th</sup> edition. John Wiley. New York.

## APÉNDICE

## APÉNDICE A

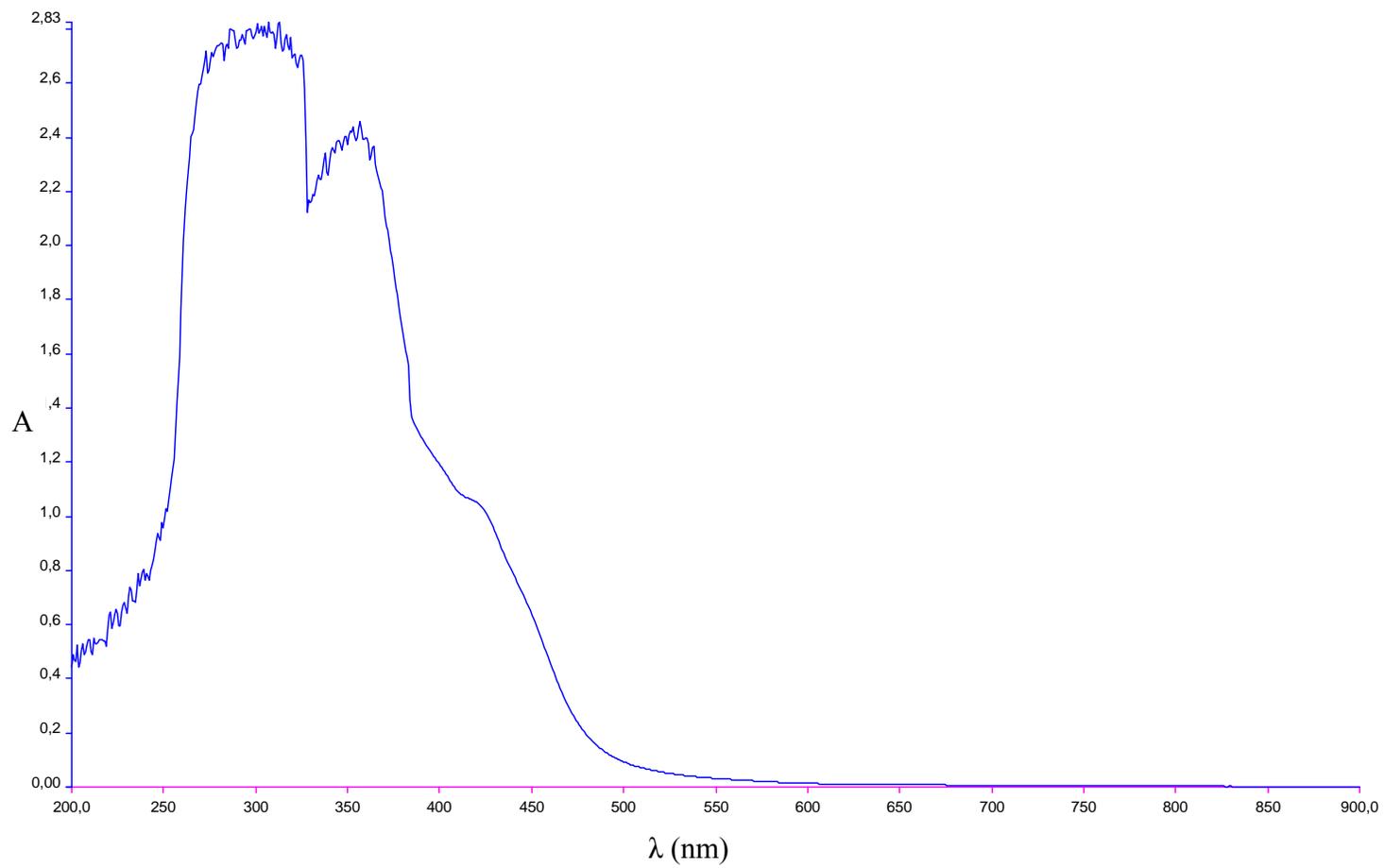


Figura A1. Espectro electrónico del ligando base de Schiff.

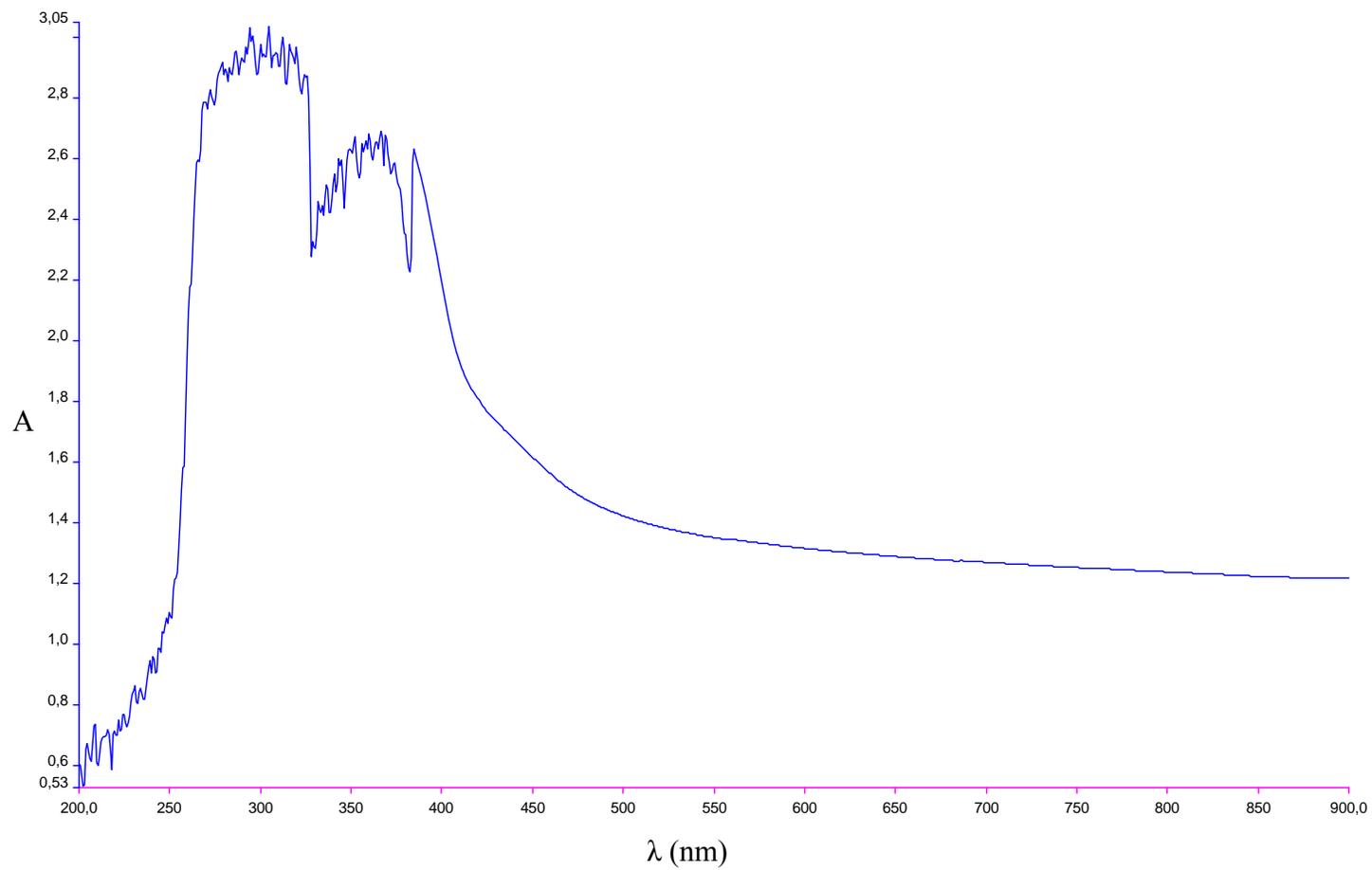


Figura A2. Espectro electrónico del complejo  $[\text{Mn}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$ .

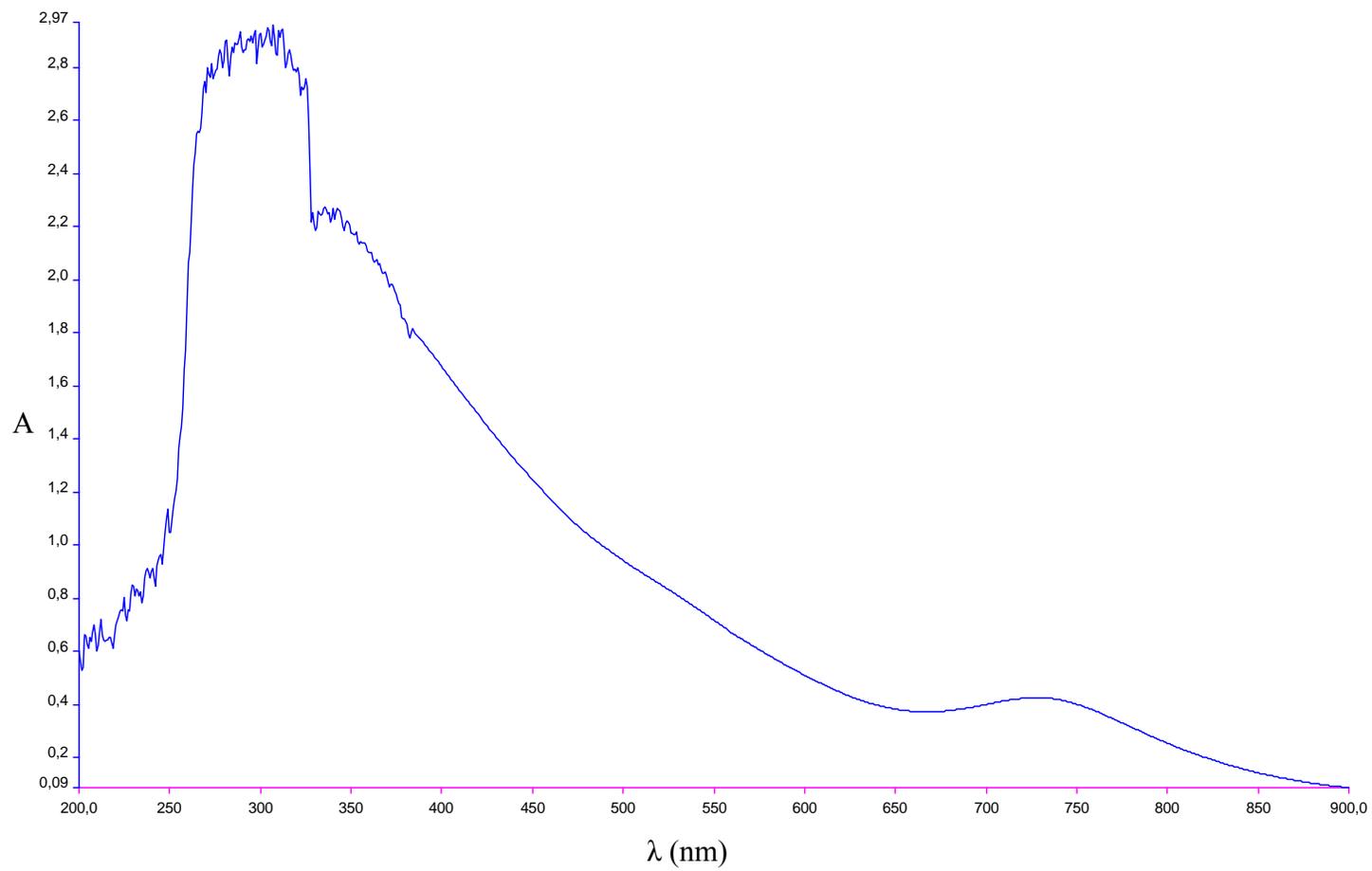


Figura A3. Espectro electrónico del complejo  $[\text{Co}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$ .

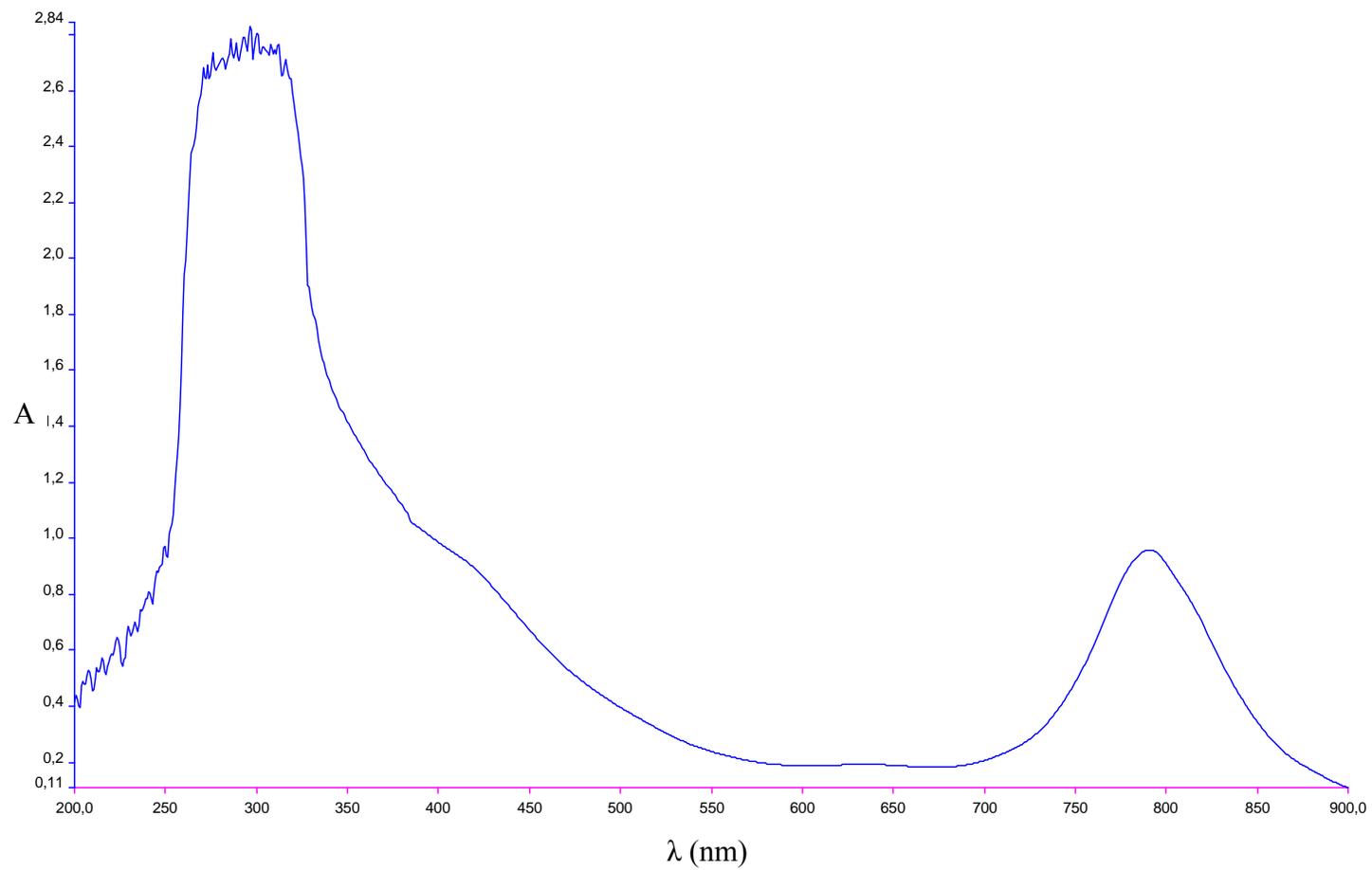


Figura A4. Espectro electrónico del complejo [Ni(L)(CH<sub>3</sub>COO)].

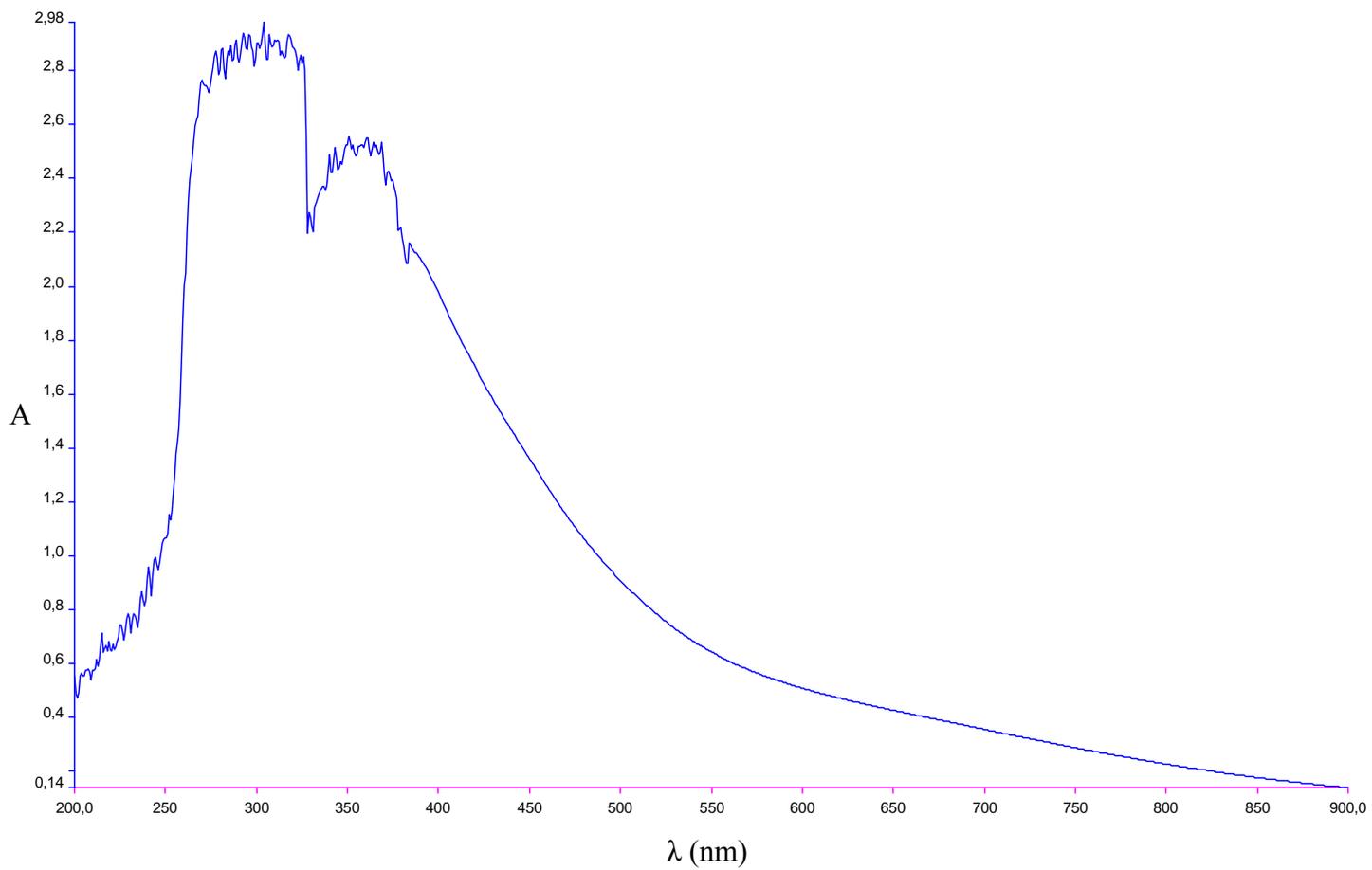


Figura A5. Espectro electrónico del complejo [Cu(L)(CH<sub>3</sub>COO)(H<sub>2</sub>O)]

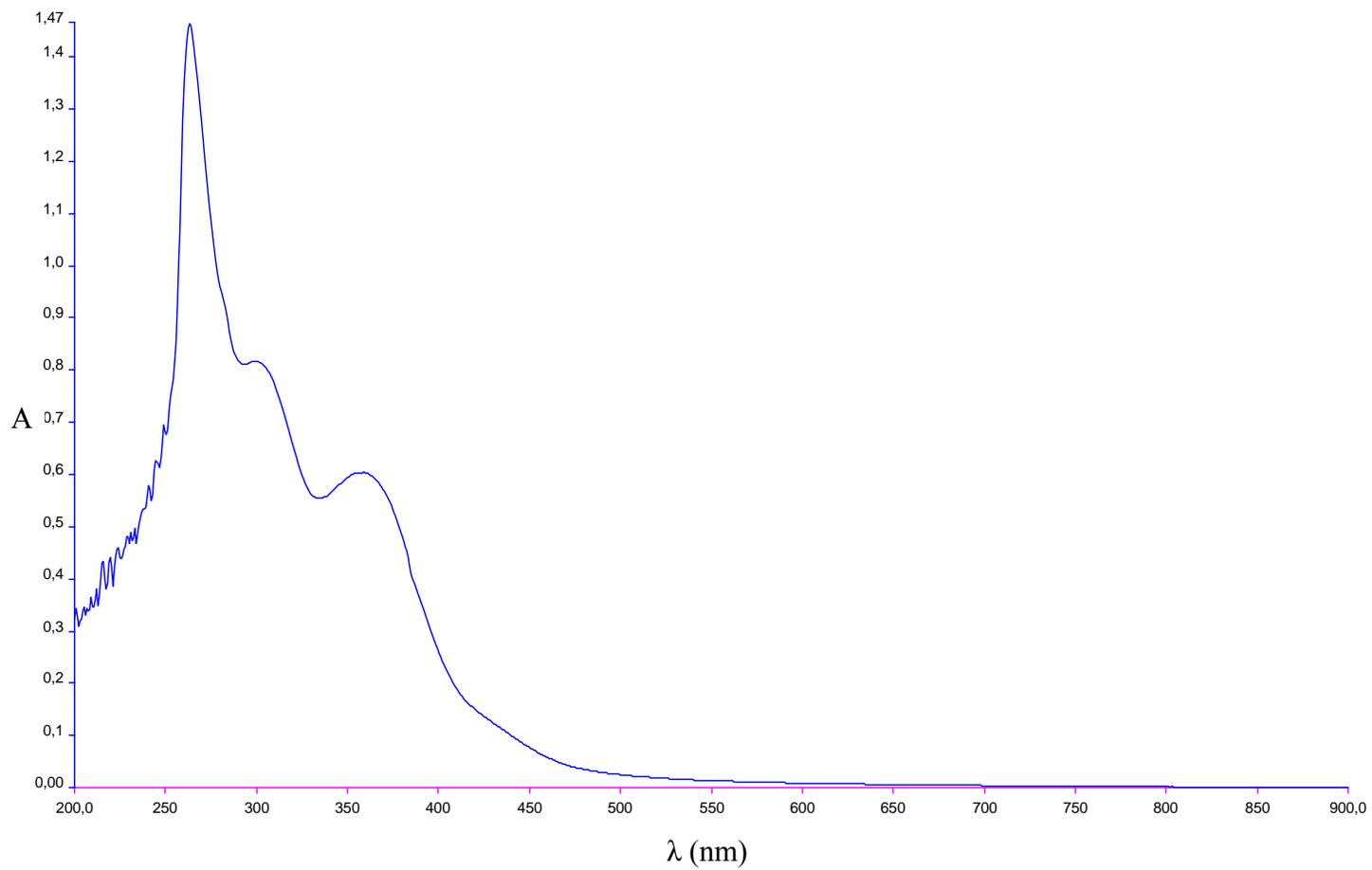


Figura A6. Espectro electrónico del complejo  $[Zn(L)(CH_3COO)(H_2O)]$

Tabla A1. Datos del espectro electrónico y parámetros derivados de la estructura electrónica para complejos de  $\text{Co}^{2+}$   $\text{cm}^{-1}$  [38].

Compuestos	$\nu_1$	$\nu_2$	$\nu_3$	B	$\beta$	10Dq	$\nu_3/\nu_1$
[Co(NCS) <sub>2</sub> (dmpt) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O)]	9050	-	20000	810	0,83	9900	2,21
[CoL(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	8560	15770	18470	804	0,81	10500	2,16
[Co(macm) <sub>2</sub> (py) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ]	9700	17400	19830	840	0,86	9070	2,04
[Co(NO <sub>3</sub> )(pyTT) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O)]NO <sub>3</sub>	8800	-	19230	770	0,79	9220	2,18
[Co(py) <sub>2</sub> (Cl <sub>2</sub> Ac) <sub>2</sub> ]	8620	-	20210	847	0,88	9790	2,34
[CoCl <sub>2</sub> (MLM)·2C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N]	8300	15300	17600	-	-	9500	2,12
[CoCl <sub>2</sub> (pyTn) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O]	8420	-	18440	740	0,76	9500	2,19
[Co(TnInA) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O)](NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	9190	-	20240	816	0,84	10375	2,20
[Co(L)(CH <sub>3</sub> COO)(H <sub>2</sub> O)]	6568	-	13793	622	0,64	8673	2,1
	5997	-	13973	658	0,68	7891	2,3
[Co(ceftria)(smz)(H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O]	6350	-	13333	518	0,53	7137	2,1
	5797	-	13333	554	0,57	6571	2,3

Dmpt= 5,7-dimetil[1,2,4]triazol[1,5-a]pirimidina; L= ligando macrociclo N<sub>6</sub>; macm= matazalamilato; pyTT= 2-(2-pridil)imino-N-(2-tiazolidin-2-il)tiazolidina; py= piridina; Cl<sub>2</sub>Ac= dicloacetato; MLM= 1-metillumacino; pyTn= 2-(pirazol-1-il)-2-tiazolina; TnInA= 2-(indazol-1-il)-2-tiazolina.



## APÉNDICE B

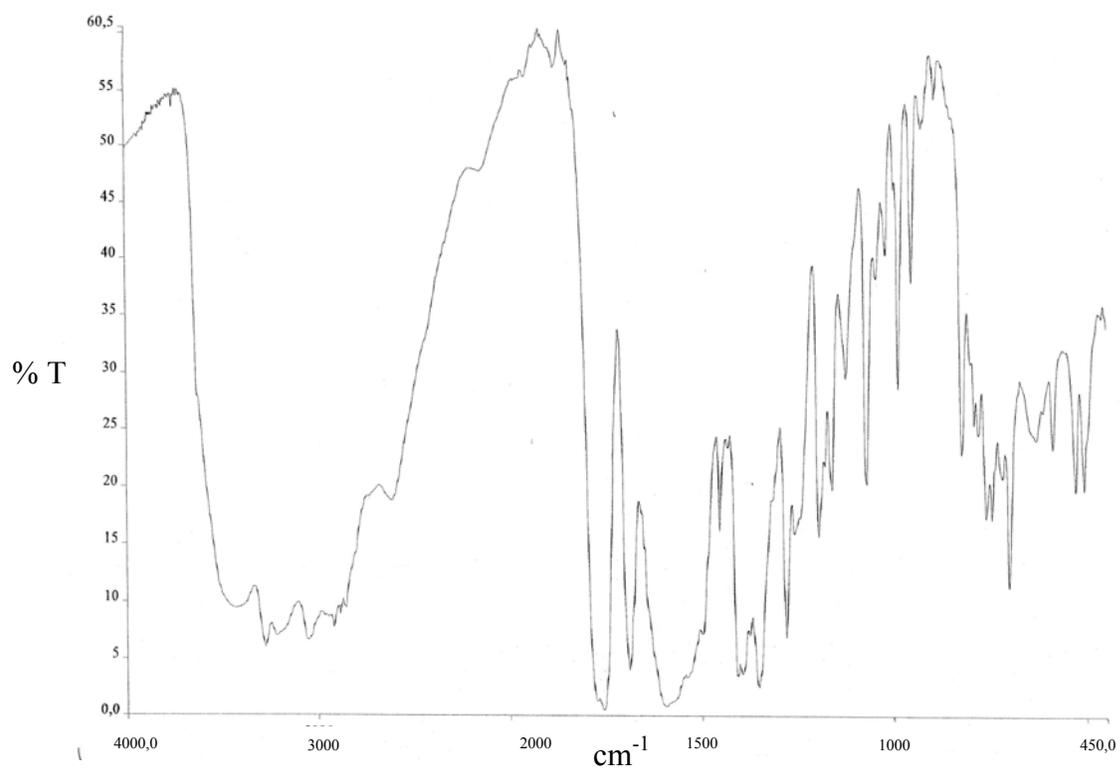


Figura B1. Espectro infrarrojo de la cefalexina.

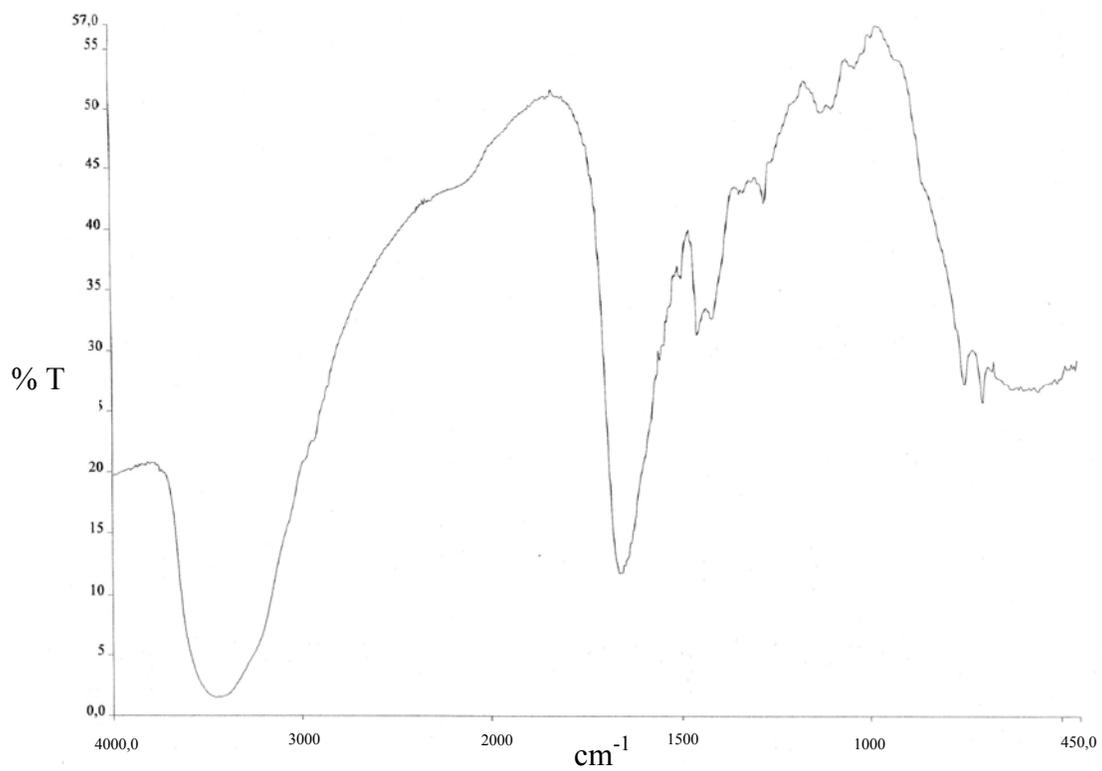


Figura B2. Espectro infrarrojo del ligando base de Schiff.

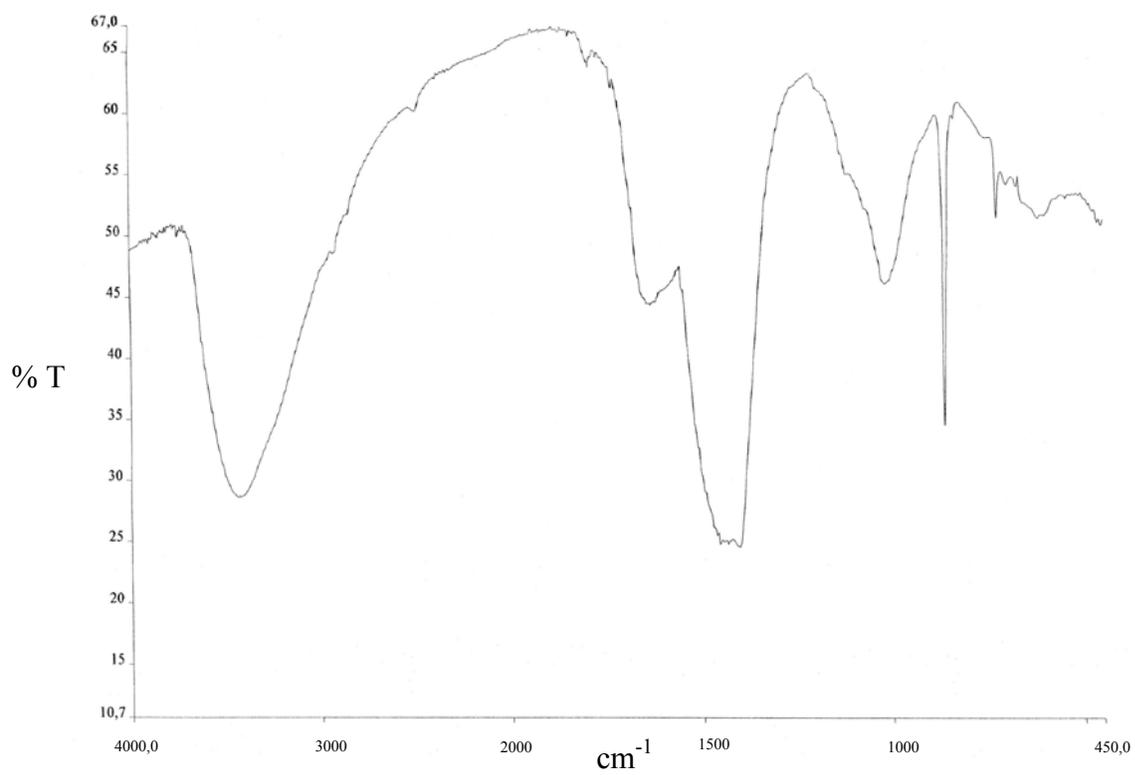


Figura B3. Espectro infrarrojo del complejo  $[\text{Mn}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$ .

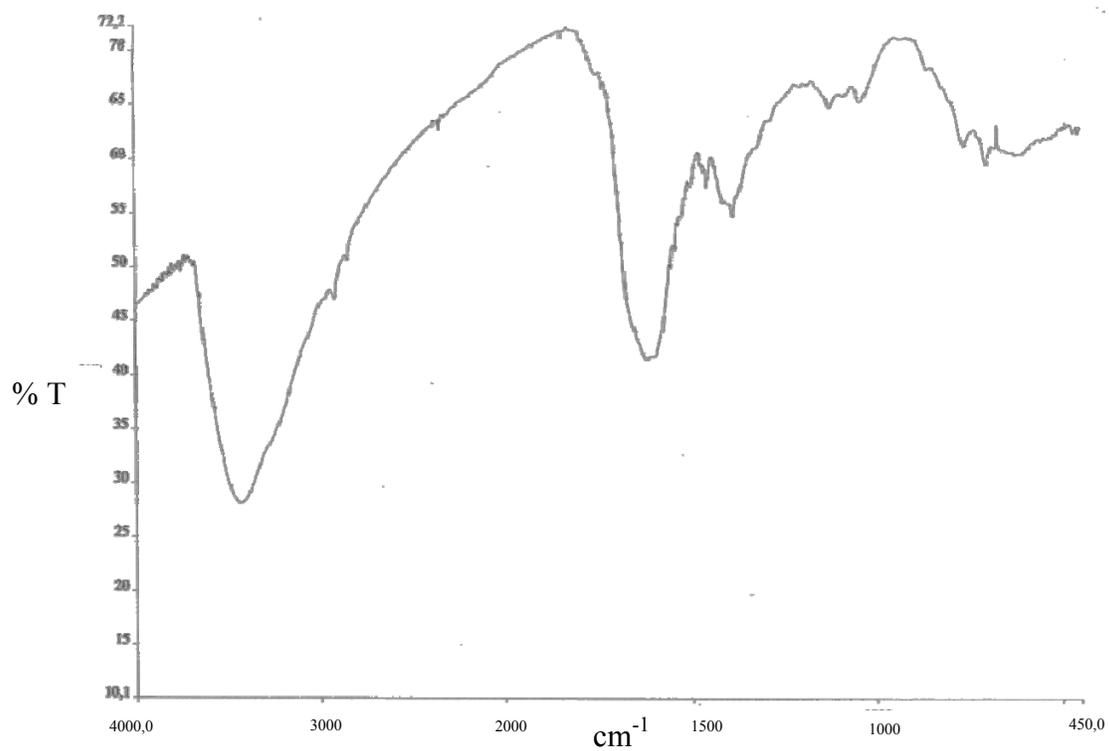


Figura B4. Espectro infrarrojo del complejo  $[\text{Co}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$ .

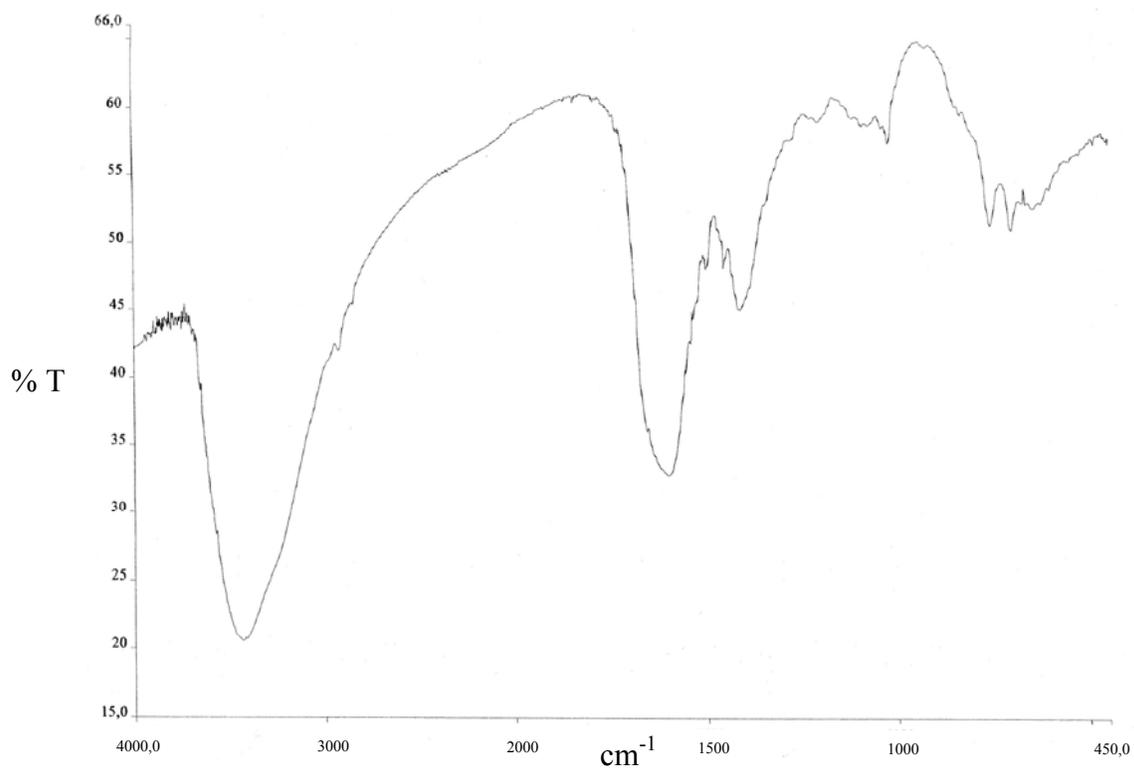


Figura B5. Espectro infrarrojo del complejo [Ni(L)(CH<sub>3</sub>COO)].

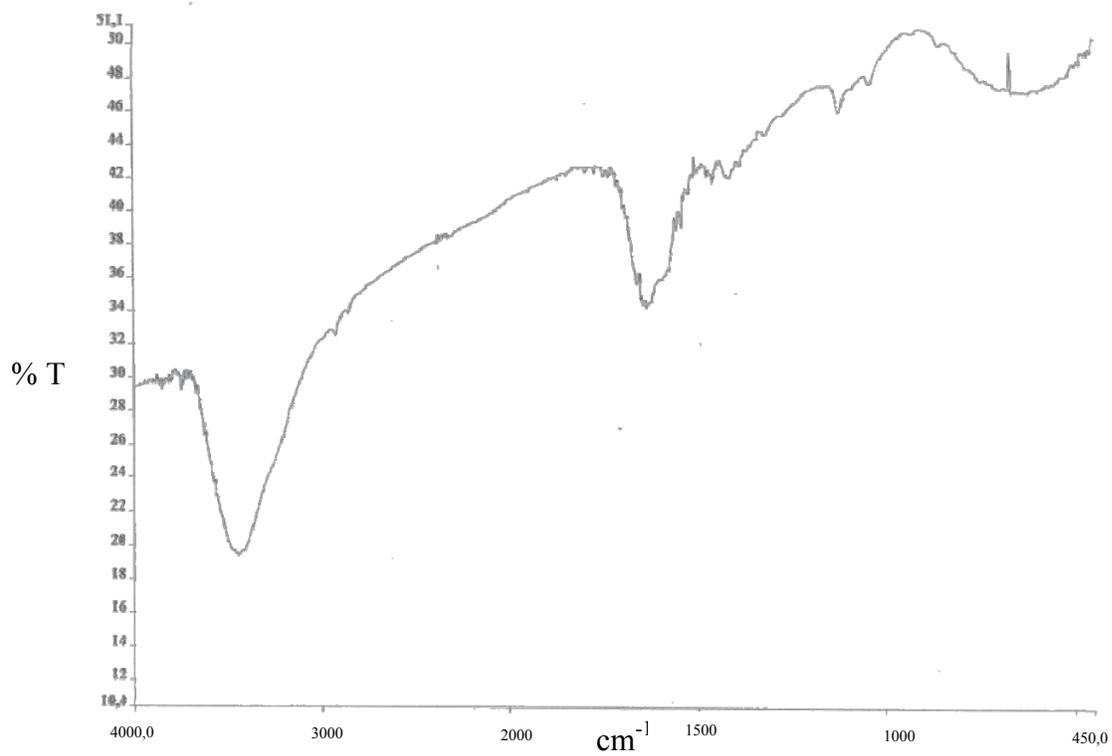


Figura B6. Espectro infrarrojo del complejo [Cu(L)(CH<sub>3</sub>COO)(H<sub>2</sub>O)].

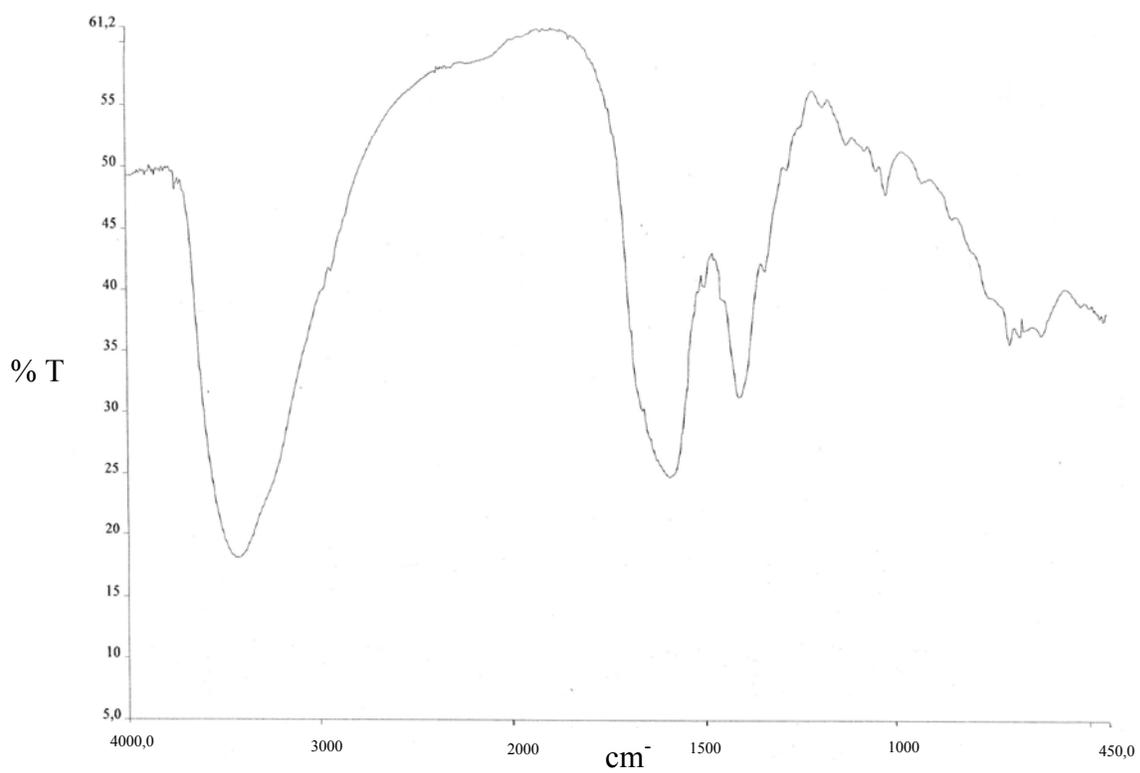


Figura B7. Espectro infrarrojo del complejo  $[\text{Zn}(\text{L})(\text{CH}_3\text{COO})(\text{H}_2\text{O})]$ .

## **Hoja de Metadatos**

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso

– 1/5

<b>Título</b>	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE COMPLEJOS CON UNA BASE SCHIFF QUE CONTIENE CEFALEXINA Y 1,2-DIAMINOBENCENO
<b>Subtítulo</b>	

**Autor(es)**

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
Salazar Rivero, Rafael José	<b>CVLAC</b>	17.538.763
	<b>e-mail</b>	srafael09@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	

**Palabras o frases claves:**

Cefalexina
Base de Schiff
Complejos metálicos

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso

– 2/5

**Líneas y sublíneas de investigación:**

Área	Subárea
<b>Ciencias</b>	<b>Química</b>

**Resumen (abstract):**

Se hizo reaccionar el antibiótico cefalexina con el 1,2-diaminobenceno para formar un ligando base de Schiff (HL) que posteriormente se hace reaccionar con diferentes iones metálicos de transición para formar nuevos complejos de  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  y  $Zn^{2+}$ . Todos los complejos fueron caracterizados por análisis elemental, conductividad molar, susceptibilidad magnética, momento magnético, espectroscopia infrarroja (IR) y ultravioleta visible (UV-Vis). Los resultados obtenidos sugieren estructura tetracoordinada para el complejo de  $Ni^{2+}$  y hexacoordinadas para el resto de los complejos, en los cuales la base de Schiff se comportaría como un ligando monoaniónico tridentado.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso

– 3/5

**Contribuidores:**

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Anacona, Juan Roberto	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	juananacona@hotmail.com
	e-mail	
	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2010	12	17
------	----	----

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso

– 4/5

**Archivo(s):**

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-Salazar	Application /word

**Alcance:**

**Espacial:** Nacional (Opcional)

**Temporal:** Temporal (Opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:**

Licenciado en Química

---

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Licenciado

**Área de Estudio:** Química

**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:**

UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO DE SUCRE

---

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

## Derechos:

Yo, Rafael Salazar Rivero autorizo a la Universidad de Oriente para que publique la siguiente tesis en su totalidad para fines educativos.



**AUTOR 1**



**TUTOR**



**JURADO 1**



**JURADO 2**

**POR LA COMISIÓN DE TESIS**

