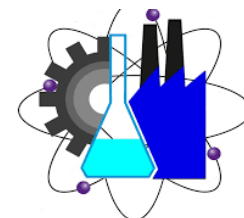




**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS**



Facultad de Ciencias  
Químicas e Ingeniería

**FACULTAD DE CIENCIAS  
QUÍMICAS E INGENIERÍA**

**CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE  
COMPLEJOS DE TRIORGANOESTAÑO (IV)  
UTILIZANDO UN LIGANTE  
DITIOFOSFONATO CON UNA MOLÉCULA  
BIOLÓGICAMENTE ACTIVA  
(COLESTEROL).**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADO EN QUÍMICO-INDUSTRIAL**

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

**LUIS FERNANDO CARVAJAL ROMAN**

**DIRECTORES DE TESIS:**

**DRA. DIANA GABRIELA VARGAS PINEDA**

**DR. RAYMUNDO CEA OLIVARES**

CUERNAVACA, MORELOS

2024

---

La presente tesis se realizó en el Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, bajo la dirección de la Dra. Diana Gabriela Vargas Pineda (CIQ-UAEM) y el Dr. Raymundo Cea Olivares (IQ-UNAM).

---

---

## ÍNDICE

ABREVIATURAS.....	4
RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
ANTECEDENTES.....	8
DITIOLOTO.....	8
DITIOFOSFONATOS.....	8
COLESTEROL.....	13
COMPLEJOS DE COORDINACIÓN CON ESTAÑO.....	15
COMPLEJOS DE ESTAÑO CON LIGANTES DITIOFOSFONATO.....	16
HIPÓTESIS.....	18
OBJETIVO GENERAL.....	18
OBJETIVO PARTICULAR.....	18
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	19
SÍNTESIS DEL LIGANTE DITIOFOSFONATO.....	19
CARACTERIZACIÓN ESPECTROSCÓPICA DEL DITIOFOSFONATO 1A.....	19
SÍNTESIS DE LOS COMPLEJOS 1B, 1C, 1D y 1E.....	23
CARACTERIZACIÓN ESPECTROSCÓPICA DE LOS COMPLEJOS 1B, 1C, 1D y 1E.....	24
DISCUSIÓN ESTRUCTURAL DEL COMPUESTO 1E POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X.....	26
DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	30
CONCLUSIONES.....	37
REFERENCIAS.....	39
ANEXO DE ESPECTROS.....	42

---

## Abreviaturas.

ADN	Ácido desoxirribonucleico
ARN	Ácido ribonucleico
A.E.	Análisis elemental
Å	Ángstrom
FAB	Bombardeo de átomos acelerados
nBu	Butilo
cm <sup>-1</sup>	Centímetros recíprocos
Cy	Ciclohexilo
δ	Desplazamiento químico
d	Doblete
dc	Doble de cuartetos
Et	Etilo
E. M.	Espectrometría de masas
Ph	Fenilo
o	Grados
K	Grados Kelvin
g	Gramos
Hz	Herz
h	Horas
IR	Infrarrojo
MHz	Megahertz
M	Metal
Me	Metilo
Mg	Microgramos
mL	Mililitro
mmol	Milimol
m	multiplete
ppm	Partes por millón
P.M.	Peso molecular
P. F.	Punto de fusión
RMN	Resonancia magnética nuclear
S	Singulete
T. A.	Temperatura Ambiente

---

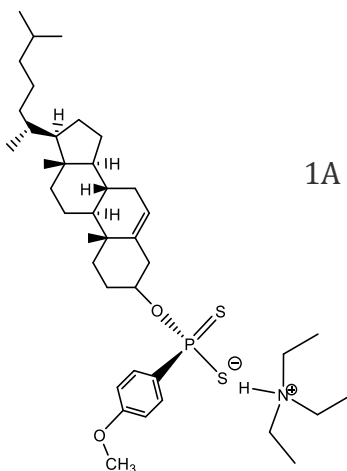
## Resumen

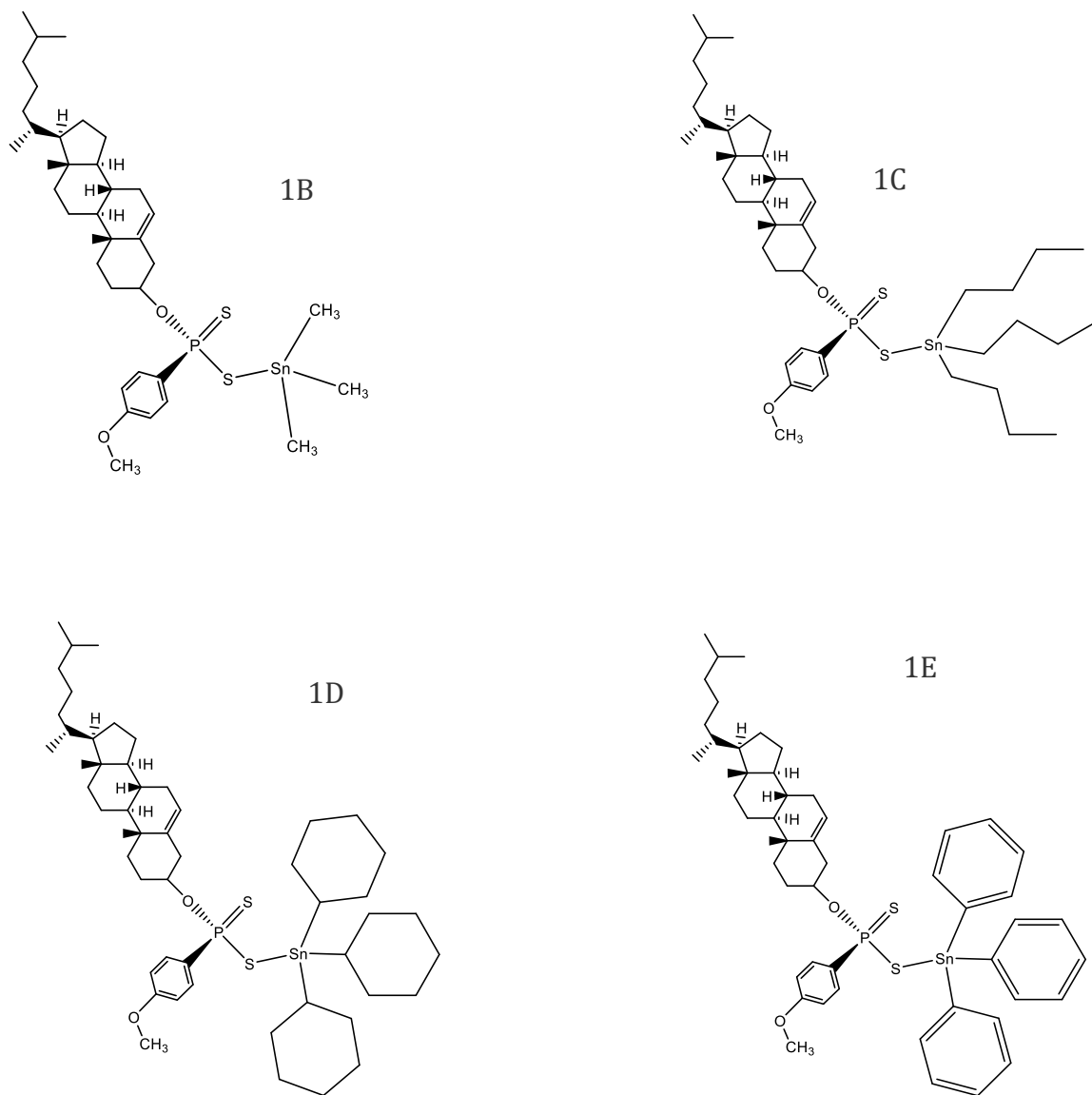
En la presente tesis se describe la síntesis, caracterización y propiedades estructurales de un ligante de tipo ditiofosfonato y una serie de complejos triorganometálicos de Sn(IV).

El ligante ditiofosfonato (1A) se obtuvo mediante el método general para la síntesis de los ligantes ditiofosfonato, que consiste en hacer reaccionar un equivalente del reactivo de Lawesson y dos equivalentes de alcohol, posteriormente el anión ditiofosfonato se forma por la adición de una base. La obtención de los complejos de organoestaño (IV) tuvo lugar a partir del ligante ditiofosfonato con los cloruros de tri-organostaño (IV),  $\text{Me}_3\text{SnCl}$ ,  $\text{Bu}_3\text{SnCl}$ ,  $\text{Cy}_3\text{SnCl}$  y  $\text{Ph}_3\text{SnCl}$ , obteniéndose así los complejos de estaño 1B( $\text{Me}_3$ ), 1C( $\text{Bu}_3$ ), 1D( $\text{Cy}_3$ ), y 1E( $\text{Ph}_3$ ). Todos los complejos obtenidos se caracterizaron por análisis elemental, espectroscopía de IR y RMN  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$  y  $^{119}\text{Sn}$ .

Los resultados obtenidos para los complejos se compararon con las características del ligante (1). Se obtuvo la estructura por difracción de rayos X de monocristal del complejo 1E, en donde el ligante ditiofosfonato presenta un modo de coordinación anisobidentada, con una geometría en el Sn de tipo bipirámide trigonal.

En esta tesis se informa la síntesis del ligante 1A y cuatro complejos de Sn(IV) 1B, 1C, 1D y 1E (Figura 1).





**Figura 1.** Estructura del ligante ditioposfonato y los complejos de triorganoestaño (IV).

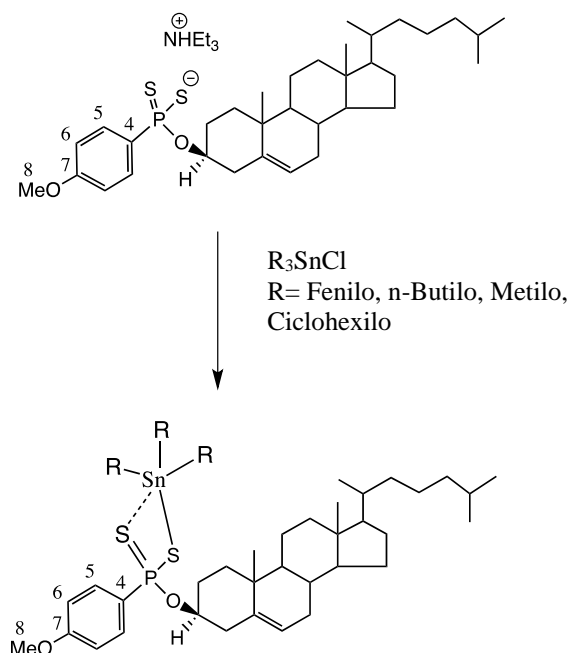
## Introducción

La química de coordinación en la actualidad está interactuando de manera directa con la química orgánica para la formación de nuevos ligantes con características estructurales y electrónicas determinadas, dando paso a compuestos con propiedades específicas muy importantes, tal como sucede en los compuestos ditio-organofosforados que son relevantes, no solo en la investigación básica, sino también por sus importantes aplicaciones, como aditivos antioxidantes en la industria, plaguicidas en la agricultura, reactivos para la extracción de metales y su utilización como agentes de flotación en la industria minera, así como por sus implicaciones farmacéuticas.<sup>1-3</sup>

La química de coordinación de los ligantes simétricos ditiofosfato  $[(RO)_2PS_2]^-$  y ditiofosfinato  $[(R)_2PS_2]^-$  en las últimas dos décadas ha sido ampliamente desarrollada, sin embargo, los correspondientes ligantes asimétricos ditiofosfonato  $[(R^*)(RO)PS_2]^-$  han sido mucho menos estudiados.<sup>4</sup>

La síntesis de estos ligantes ditiofosfonato se lleva a cabo principalmente a través del dímero de Lawesson con alcoholes primarios o secundarios, lo cual permite obtener un gran número de ligantes ditiofosfonato nuevos y variados.<sup>5</sup>

La propuesta del presente proyecto plantea la síntesis de un ligante diseñado con una molécula de interés biológico como es el colesterol y la obtención de complejos con triorganoestaño (IV), para obtener diversos compuestos de coordinación de interés estructural (Esquema 1).



**Esquema 1.** Síntesis de complejos con triorganoestaño(IV) con el ligante ditioposfonato.

## Antecedentes

### Ditiorganofosforados

Los ligantes ditiorganofosforados han tenido un uso generalizado no solo en la investigación si no en diversas e importantes áreas industriales, las aplicaciones abarcan desde aditivos antioxidantes y aditivos lubricantes en la industria del petróleo, derivados de plaguicidas, reactivos de extracción de mineral de metal y agentes de flotación en la industria minera.<sup>1,2,6</sup>

### Ditiolatos

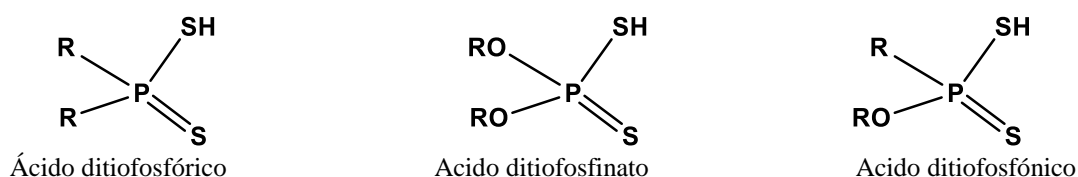
Los ligantes 1,1-ditiolato son compuestos en los que dos átomos de azufre están unidos al mismo elemento no metálico (fósforo, arsénico, carbono, silicio).<sup>7</sup> Existe una notable diversidad de este tipo de ligantes ditiolatos, tales como ditioposfato, ditioposfinato, ditioposfonato, xantanto, ditiocarboxilato y ditiocarbamato. Los ditiolatos polifuncionales, una vez coordinados a un centro



metálico, son capaces de producir reacciones de transferencia y de acoplamiento azufre-azufre. Los ligantes fósforo-1,1-ditiolato tienen un pequeño ángulo del sistema S-P-S y tienden a actuar como bidentados.<sup>6</sup> Una coordinación simétrica (isobidentada) conduce a la formación de un anillo quelato de 4-miembros, mientras que una coordinación asimétrica (anisobidentada) consiste en un enlace M-S (básicamente covalente) y una interacción M--S conduciendo a la formación de un sistema cuasi-cíclico de 4-miembros. La coordinación isobidentada de estos ligantes es poco frecuente en la química de metales de los grupos representativos, sin embargo, predomina en la química de metales de transición.<sup>6</sup>

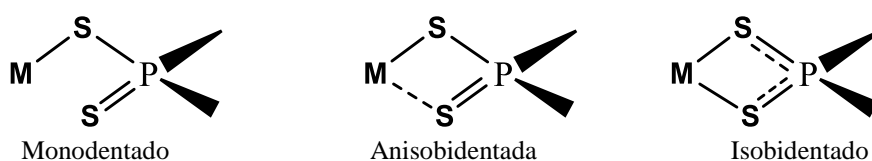
Estos ligantes difieren en la naturaleza de los grupos unidos al átomo que soporta los átomos de azufre y por esta razón poseen diferente fuerza donadora.<sup>8</sup>

El 1,1-ditiolato de fósforo comprende ligantes derivados del ácido ditioposfórico o ácidos ditioposfínicos (Figura 2).



**Figura 2.** Ligantes derivados del ácido ditioposfórico.

Los ligantes con complejos metálicos muestran una amplia variedad de patrones de coordinación basada en el número de coordinación entre los átomos donantes de los ligantes y el átomo metálico coordinado (Figura 3). Por lo general, los ligantes son descritos como monodentado, bidentado simétrico, bidentado asimétrico.<sup>9</sup>



**Figura 3.** Modos de coordinación de ligandos de 1,1-ditiolato de fósforo.

Uno de los métodos de caracterización usados comúnmente, es el estudio de los compuestos por espectroscopía IR en estado sólido. Haiduc y colaboradores informaron que el modo de coordinación de ligantes 1,1-ditiofosforados hacia un centro metálico está relacionado con la posición de las bandas de estiramiento asimétrico y simétrico, en donde se utilizan  $\Delta\nu$  PS<sub>2</sub> de las vibraciones de alargamiento  $\nu_{as}$  PS<sub>2</sub> y  $\nu_{sym}$  PS<sub>2</sub>, si la diferencia entre las bandas es mayor a 80 cm<sup>-1</sup> es indicativo de que se tiene una coordinación anisobidentada en dicho complejo.<sup>10a</sup>

Otra técnica analítica que nos sugiere el modo de coordinación de los ligantes ditiofosfonato es la que Glidewell,<sup>10b</sup> en donde la diferencia en el desplazamiento químico en el <sup>31</sup>P es una fuerte evidencia de la forma de coordinación, ya que si presenta un desplazamiento a campo alto o a valores menores de 82 ppm se propone la coordinación monodentada, si el desplazamiento se encuentra entre un intervalo de 82 a 101 ppm la coordinación será bidentada y si el desplazamiento es mayor a 101 ppm se propone un comportamiento del tipo iónico (figura3).

Es evidente que la gran mayoría de los compuestos reportados hasta la fecha se centran alrededor de solo ciertos metales y una gran sección permanecen sin explorar, dejando un enorme alcance y oportunidad para una mayor investigación.<sup>11</sup>

## Ditiofosfonatos

Los dímeros de disulfuro de 2,4-diaril- y 2,4-diferrocenil-1,3-ditiofosfetano (1a-1c) reaccionan con una variedad de alcoholes y alcoholes trialquilsilílicos para formar ácidos ditiofosfónicos de manera fácil.<sup>12</sup>

La pobre lentitud en el desarrollo de la química de los ditiofosfonatos, en comparación de sus homólogos ditiofosfatos y ditiofosfinatos, posiblemente se sea debido a la no sencilla disponibilidad de las materias primas necesarias para su síntesis. La reactividad (especialmente hacia la hidrólisis) y la toxicidad potencial de estos compuestos y derivados de la misma, no es muy diferente en

comparación con las contrapartes bien establecidas  $[S_2PR_2]^-$  y especialmente  $[S_2P(OR')_2]^-$ .<sup>13</sup>

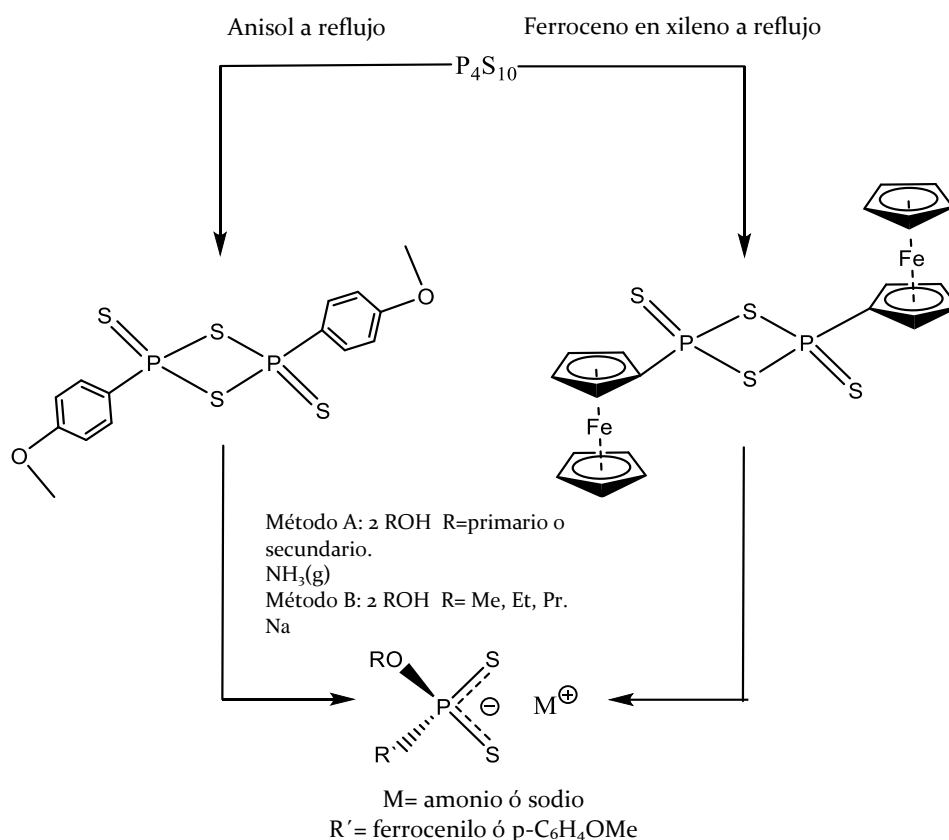
Se sabe que el primer informe de sulfuros de fósforo fue en 1740 cuando A. S. Marggraff describió una mezcla fusionada de fósforo y azufre, seguida de la destilación del producto.<sup>14</sup> A partir de estos esfuerzos fue sintetizado el pentasulfuro de fósforo ( $P_4S_{10}$ ) por Berzelius en 1843 a partir de fósforo blanco y azufre, ( $P_4S_{10}$ ), el cual es un compuesto cristalino maloliente de color amarillo pálido y desempeña un papel crucial en el desarrollo de la química de los ditiofosfonatos.<sup>15</sup>

Fue hasta 1978 cuando cuando Lawesson y sus colaboradores reportaron la reacción entre anisol y  $P_4S_{10}$  que conduce a la formación del dímero 2,4-bis(4-metoxifenil)-1,3-ditiodifosfetano-2,4-disulfuro o  $[(4MeOC_6H_4)P(\mu-S)S]_2$ , el cual es conocido como el Reactivo de Lawesson y está disponible comercialmente.<sup>16</sup>

Demonstraron adicionalmente que el ferroceno, un organometálico rico en electrones con propiedades aromáticas, puede reemplazar a los alcoholes como el anisol y el fenol y formar el dímero correspondiente.  $[FcP(\mu-S)S]_2$  ó FcLR (Fc = ferroceno) (LR= Reactivo de Lawesson). El dímero FcLR se ha utilizado para formar nuevos heterociclos y se emplea en reacciones de cicloadición con dienos, alcanos y tioaldehidos.<sup>17</sup>

La metodología de síntesis utilizada para formar estos dímeros y sus reacciones posteriores para formar el ligando  $[S_2PR(OR')^-]$  se muestra en el Esquema 1. Las sales de amonio o sodio se pueden tratar fácilmente con las sales metálicas adecuadas (cloruro, nitrato, etc.) en disolvente acuoso u orgánico. La eliminación del subproducto de sal no deseado se puede lograr fácilmente a través de la filtración o la extracción de disolventes.<sup>5</sup>

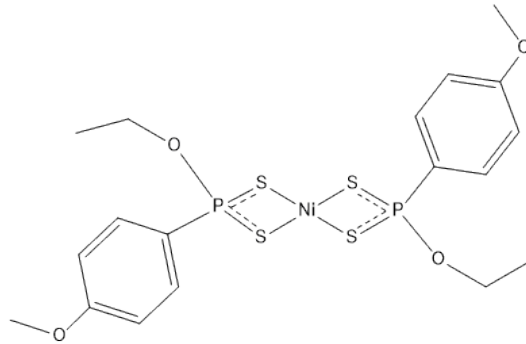
El método general para la síntesis de los ligantes ditiofosfonato consiste en hacer reaccionar 1 equivalentes del reactivo de Lawesson o su sustituyente con ferroceno en lugar del anisol con 2 equivalentes de alcohol. La formación del ácido ditiofosfónico es posible, pero solo si el alcohol de partida es primario o secundario, ya que la reacción con un alcohol terciario conduce a reacciones de eliminación.<sup>18</sup> Finalmente en el Esquema 2 se observa que el anión ditiofosfonato se forma por la adición de una base.



**Esquema 2-** Metodología sintética para la formación de las sales de amonio o sodio de  $[S_2PR(OR')]$ .

Existen informes en la literatura que los complejos de metales de transición de los ligandos ditioposfonato,  $M[S_2PR_1(OR_2)]_2$  ( $M= Ni, Pd, Pt$ ) pueden obtenerse directamente del reactivo de Lawesson, sin aislamiento del ácido o de una sal intermedia del metal alcalino, es decir *in situ*.<sup>19</sup>

Se han reportado estudios de reacción entre  $NiCl_2$  y el reactivo de Lawesson en diversos alcoholes, ROH ( $R=Me, Et, i-Pr, Bu, \text{bencilo}$ ) como disolvente y reactivo, dando lugar a los complejos fosfonoditioato bis[O-alquil/aryl-(4-metoxifenil)] en alto rendimiento (64-91%). La estructura cristalina de trans-bis[O-etil-(4-metoxifenil) fosfonoditioato]NiII (Figura 4) fue confirmada por mediciones de difracción de rayos X.<sup>20,21</sup>



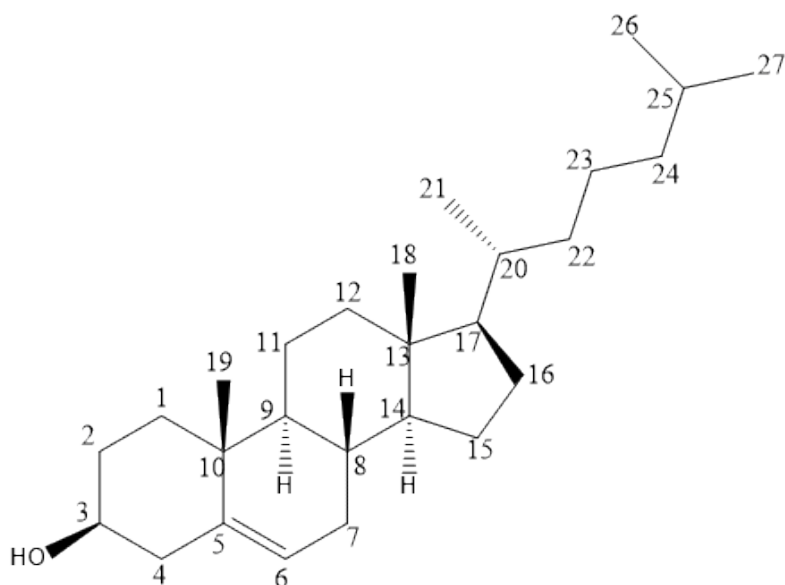
**Figura 4.** Estructura molecular de *trans-bis[O-etil-(4-metoxifenil) fosfonoditioato]Ni<sup>II</sup>*

## Colesterol

El colesterol es un compuesto químico, un alcohol, que forma parte del grupo de lípidos conocidos como esteroides.<sup>22</sup> El esteroide colesterol es un componente importante de las membranas plasmáticas animales, pero sólo se encuentra rara vez en las plantas, y nunca en los procariotas, protistas u hongos.<sup>23</sup>

Una de las características del colesterol es que generalmente sólo se puede diluir en disolventes orgánicos como el alcohol, el éter, la acetona o el cloroformo. El colesterol es el punto de partida en la biosíntesis de hormonas esteroideas y de los ácidos biliares.<sup>24</sup>

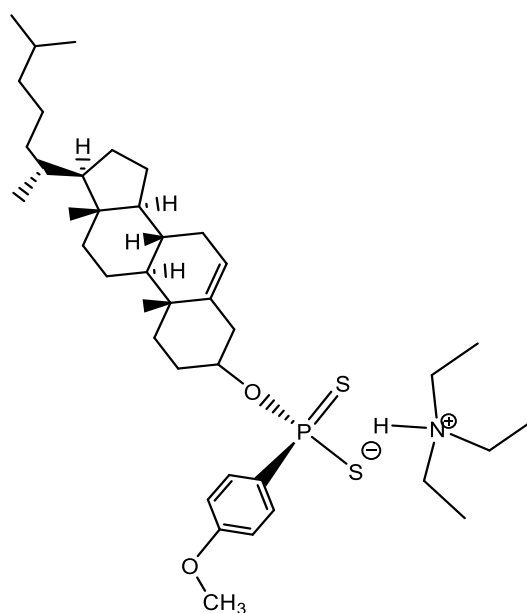
La molécula del colesterol (Figura 5) está constituida por cuatro carbociclos condensados o fundidos, que presentan sustituciones: dos radicales metilo en las posiciones C-10 y C-13, una cadena alifática en la posición C-17, un grupo hidroxilo en la posición C-3, una insaturación entre los carbonos C-5 y C-6. En la molécula de colesterol se puede distinguir una cabeza polar constituida por el grupo hidroxilo y una cola o porción apolar formada por el carbociclo de núcleos condensados y los sustituyentes alifáticos.<sup>25</sup>



**Figura 5.** Estructura molecular del colesterol

El colesterol es un alcohol que ha captado gran interés en la síntesis del ligante ditioposfonato (Figura 6) el cual se conoce por su estructura a través de difracción de rayos X.<sup>26a</sup>

Se han reportado complejos derivados de ditioposfonato de colesterilo con metales del grupo 15.<sup>26b</sup>



**Figura 6.** Estructura del compuesto ditioposfonato con colesterol

Sobre los métodos de obtención de ligantes ditioposfonato, se ha reportado que el reactivo de Lawesson reacciona fácilmente con alcoholes primarios o

secundarios para producir los ácidos ditiofosfónicos como líquidos aceitosos. Las reacciones con alcoholes terciarios conducen a reacciones de eliminación.<sup>27</sup>

## Complejos de coordinación con estaño

El estudio y la utilidad de la química del organoestaño ha sido relativamente limitados desde el descubrimiento de los diversos problemas de salud resultantes y de la amplia difusión ambiental.<sup>28</sup> Los organoestaño han mostrado utilidad en una variedad de usos como estabilizadores de PVC, agentes antiincrustantes, materiales medicinales, biocidas, deposición de película de óxido de estaño, y como reactivos catalíticos "verdes".<sup>29</sup> La preparación de compuestos de organoestaño pueden ser obtenidos a través de la alquilación nucleofílica de tetracloruro de estaño con un reactivo organometálico.<sup>30</sup>

Se han investigado muchos aditivos para promover la reacción directa de halogenuros orgánicos con estaño metálico, pero la reacción tiene un uso limitado.

Los compuestos de organoestaño son compuestos que tienen al menos un sustituyente orgánico unido directamente al átomo de estaño a través del átomo de carbono del sustituyente orgánico. Los compuestos de organoestaño (II) y organoestaño (IV) son conocidos ya que el estaño tiene dos estados de oxidación estables, es decir, + II y + IV. Sin embargo, los compuestos de organoestaño (II) no son muy estables y tienden a polimerizarse rápidamente.<sup>31</sup> Los compuestos de estaño más conocidos son derivados de organoestaño (IV) debido a su estabilidad. En los compuestos organoestaño (IV), la hibridación  $sp^3$  del orbital de valencia da lugar a enlaces tetraédricos orientados. Las cuatro clases principales de compuestos de organoestaño (IV) son mono-, di-, tri y tetraorganoestaños, que están representadas por  $R_nSnX_{4-n}$  ( $n = 1-4$ ), donde R es cualquier grupo orgánico y X es un residuo aniónico. Los compuestos de organoestaño (IV) con grupos electronegativos como los halogenuros de organoestaño o los pseudohalogenuros son propensos a usar su orbital 5d vacío para expandir su número de coordinación más allá de cuatro. Por lo tanto, la formación de geometrías de coordinación  $sp^3d$  bipiramidales trigonales de 5 coordenadas u octaédricas  $sp^3d^2$  de seis coordenadas se observan comúnmente en complejos de organoestaño (IV). En el caso de los compuestos

de tetraorganoestaño donde no hay ningún grupo electronegativo, también se conocen pruebas de una mayor coordinación en dichos compuestos, especialmente si el tetraorganoestaño contiene grupos orgánicos con sustituyentes donantes.<sup>32,33</sup>

## Complejos de estaño con ligantes ditiofosfonato

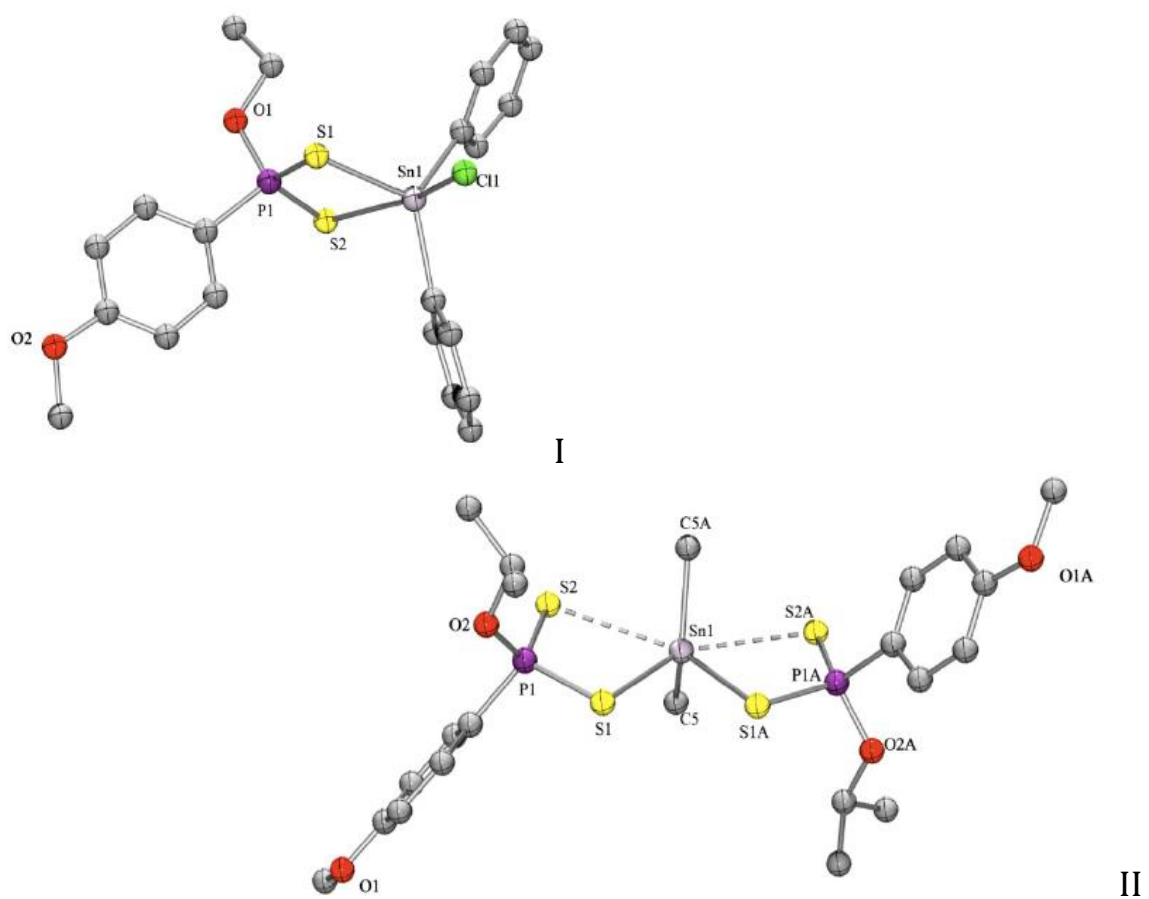
En los últimos años, debido a la posible aplicación en electroquímica, catálisis, intercambio iónico, fotofísica y ciencia de los materiales, la química de los fosfonatos metálicos ha prosperado. Las investigaciones estructurales han revelado una gran variedad de patrones de coordinación y modalidades de interacción de unión metal-azufre en los  $M([PSS)(OR)_2]$  y complejos de ditiofosfinatos  $M([PS(S)R_2])$ , [M = metal de transición o representativo, dependiendo de los efectos electrónicos en esos ligandos y de los requisitos estéricos alrededor del átomo central]. Las investigaciones que utilizan ligantes ditiofosfonato  $[PS(S)(OR)R]^-$  en la formación de complejos metálicos, no han sido tan abundantes.<sup>34</sup>

Los compuestos de estaño con ligantes tipo ditiofosfonato son relativamente pocos los que han sido caracterizados por estudios de difracción de rayos-X. Figura 7.

El primero (I) es un compuesto que en su centro metálico exhibe una geometría bipirámide de base trigonal con distancias de enlace Sn-S (2.461(1) Å) y Sn...S (2.810(2) Å) con una diferencia de 0.35 Å que puede considerarse aun como una coordinación isobidentada.

El segundo (II) compuesto por su parte exhibe dos unidades de ligante ditiofosfonato coordinadas de manera anisobidentada (Sn-S = 2.503(2) Å y Sn...S = 3.153(3) Å) con el átomo de estaño exhibiendo una geometría octaédrica distorsionada.<sup>35</sup>





**Figura 7.** Estructuras moleculares de los compuestos I y II conteniendo ligantes ditiofosfonato coordinados de manera isobidentada y anisobidentada, respectivamente.

## **Hipótesis**

Los ditiofosfonato son ligantes aptos para coordinarse hacia diversos cationes, derivados de los elementos representativos. La síntesis de los ligantes ditiofosfonato utilizando el reactivo de Lawesson, ha demostrado ser un método sintético efectivo para su síntesis, incluyendo con la presencia de un grupo colesterilo.

Las interacciones entre los complejos de organoestaño con un ligante ditiofosfonato conteniendo el grupo colesterilo y algunas biomoléculas se verán favorecidas gracias a la presencia del colesterilo, en virtud de sus propiedades lipofílicas, lo cual puede incrementar la actividad biológica de los nuevos complejos sintetizados.

En consecuencia, se considera factible la obtención de complejos estables derivados de un ligante ditiofosfonato, con posibilidad de caracterización, por las técnicas espectroscópicas comunes.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

El objetivo general de esta tesis es la síntesis y caracterización de nuevos complejos de triorgano estaño(IV) con un ligante ditiofosfonato conteniendo al fragmento quiral colesterilo, pretendiendo conocer a través de diferentes técnicas analíticas de IR, RMN multinuclear y difracción de rayos-X de monocristal el comportamiento estructural de los complejos formados.

### **Objetivos particulares**

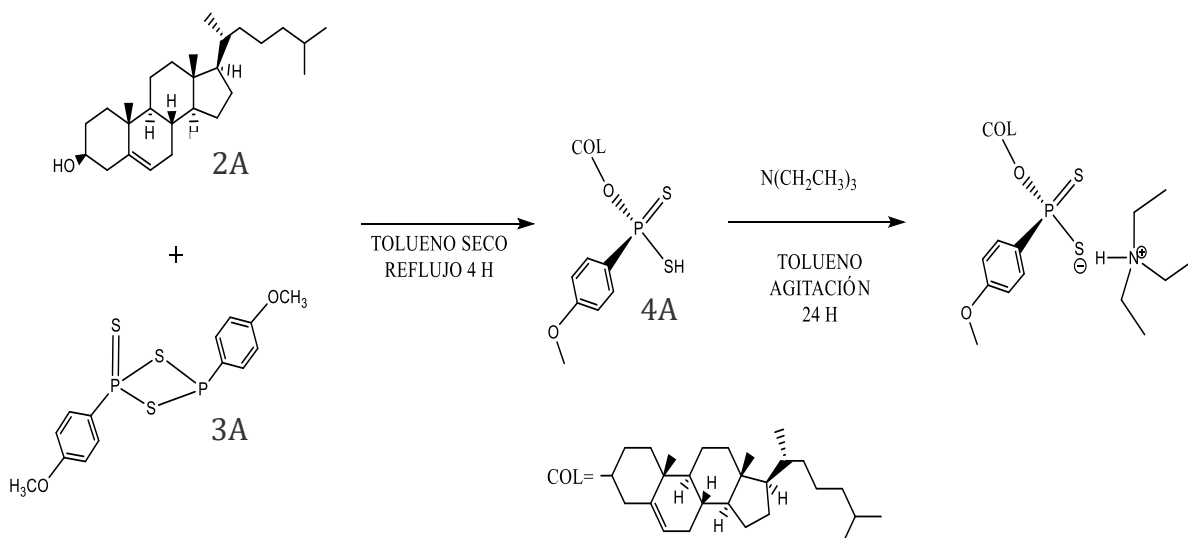
1. Síntesis del ligante ditiofosfonato.
2. Síntesis de complejos de tri-organoestaño (IV).
3. Caracterización de los compuestos obtenidos a partir de técnicas espectroscópicas (IR, RMN de  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{119}\text{Sn}$ ).
4. Análisis de las estructuras obtenidas por difracción de rayos-X de monocristal, en los casos que se obtengan mono-cristales adecuados.

## Discusión de resultados

En esta tesis se informa la obtención y caracterización del ligante **1A** y los complejos triorganoestaños (IV) que corresponden a **1B**, **1C**, **1D** y **1E** que fueron analizados por las diferentes técnicas espectroscópicas de IR y RMN de  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{119}\text{Sn}$ .

## Síntesis del ligante ditiofosfonato

La síntesis del ligante ditiofosfonato **1A** (Esquema 3) se realizó de la reacción entre el colesterol **2A** y el reactivo de Lawesson **3A** en tolueno seco a reflujo para formar el ácido correspondiente **4A** y posteriormente se adicionó la trietilamina y se dejó en agitación a temperatura ambiente y de esta manera se obtuvo la sal de trietilamonio del ligante ditiofosfonato.



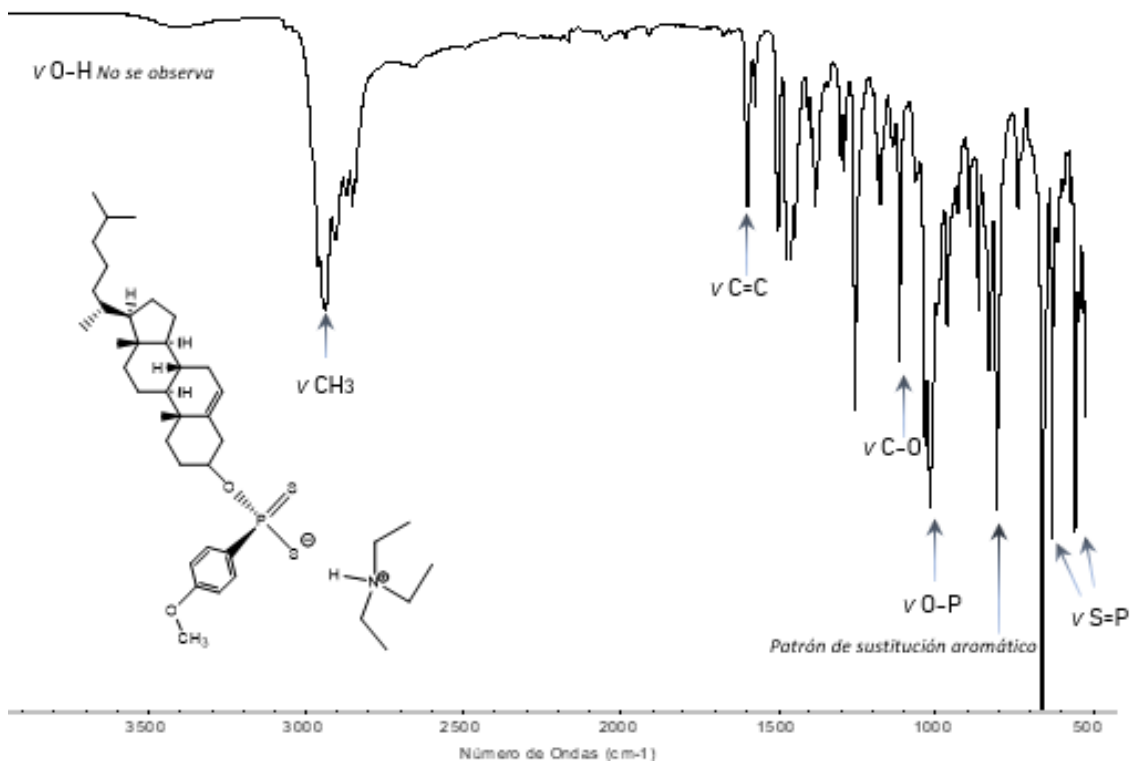
### Esquema 3. Síntesis del ligante ditiofosfonato **1A**

La síntesis y caracterización espectroscópica del ligante **1A** en solución se caracterizó en este grupo de investigación y el estudio por difracción de monocristal de rayos X fue reportada previamente.<sup>1,26</sup>

## Caracterización espectroscópica del ligante ditiofosfonato **1A**

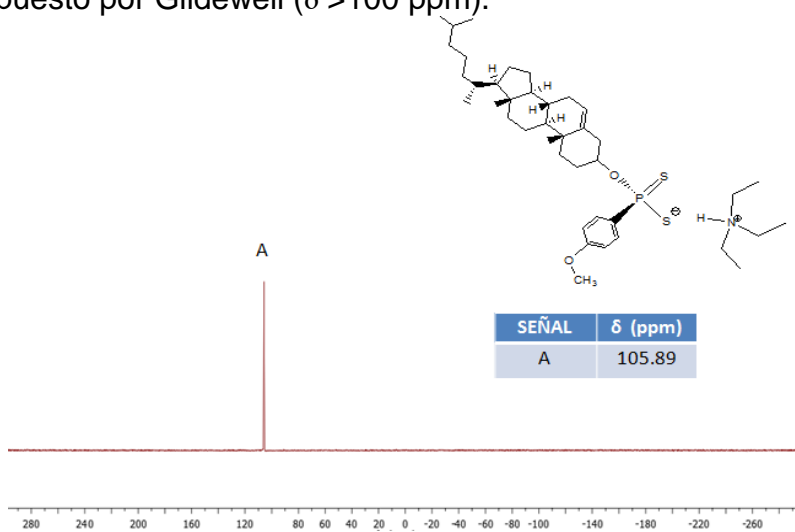
El análisis por IR del ligante **1A** (Figura 8) muestra bandas de estiramiento ( $\nu$ ) en  $\bar{\nu}$   $2935\text{ cm}^{-1}$ ,  $1592\text{ cm}^{-1}$ ,  $1109\text{ cm}^{-1}$ ,  $1028\text{ cm}^{-1}$ , que corresponde a las vibraciones  $-\text{CH}_3$ ,  $\text{C}=\text{C}$ ,  $\text{C}-\text{O}$  y  $\text{P}-\text{O}$ , respectivamente. Se observaron también bandas de estiramiento ( $\nu$ ) en  $\bar{\nu}$   $624\text{ cm}^{-1}$  y  $552\text{ cm}^{-1}$  que corresponden a las

vibraciones de S=P. Además, se observaron 2 bandas entre  $\bar{\nu}$  800  $\text{cm}^{-1}$  y 700  $\text{cm}^{-1}$  que corresponden a los modos de vibración de torsión ( $\delta$ ) del anillo aromático.

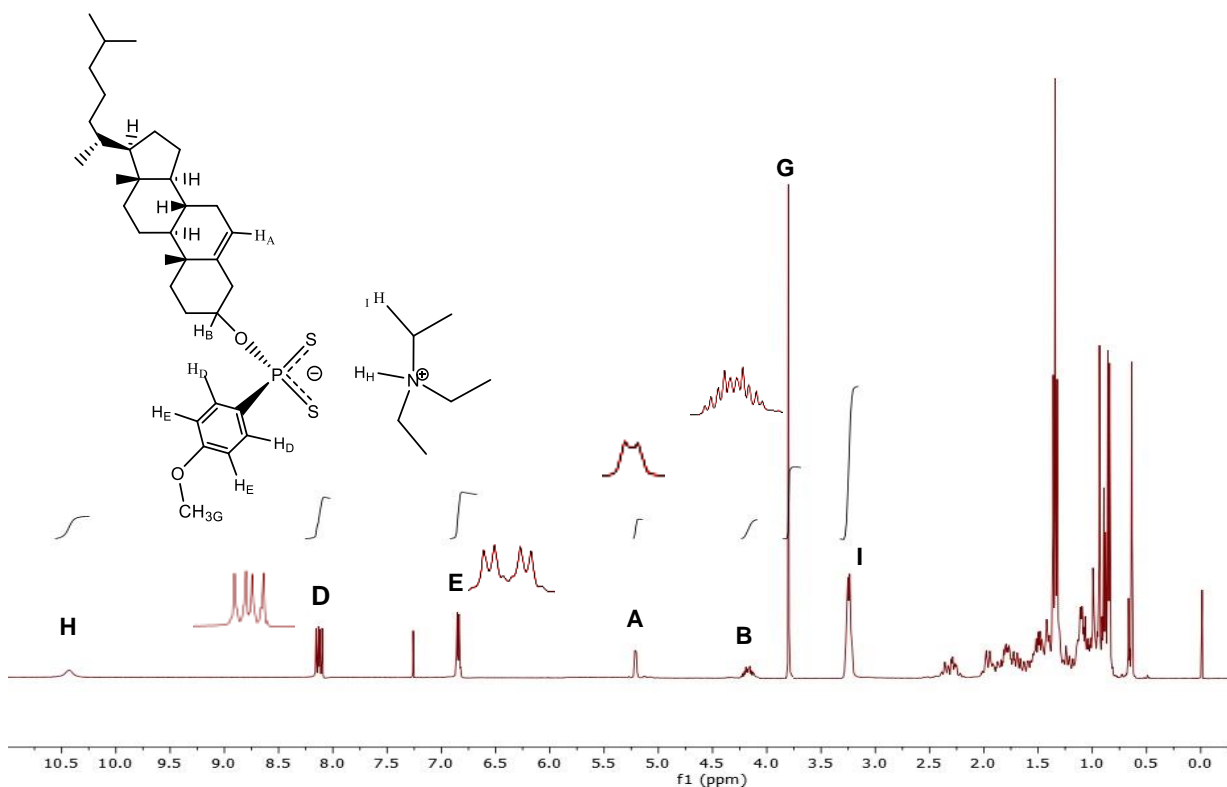


**Figura 8.** Espectro de infrarrojo del compuesto 1A.

El espectro de RMN de  $^{31}\text{P}$  (Figura 9) del ligante 1A exhibe una señal sencilla en  $\delta$ 105.89 ppm consistente con un compuesto de carácter iónico, de acuerdo con los propuesto por Glidewell ( $\delta > 100$  ppm).<sup>10b</sup>



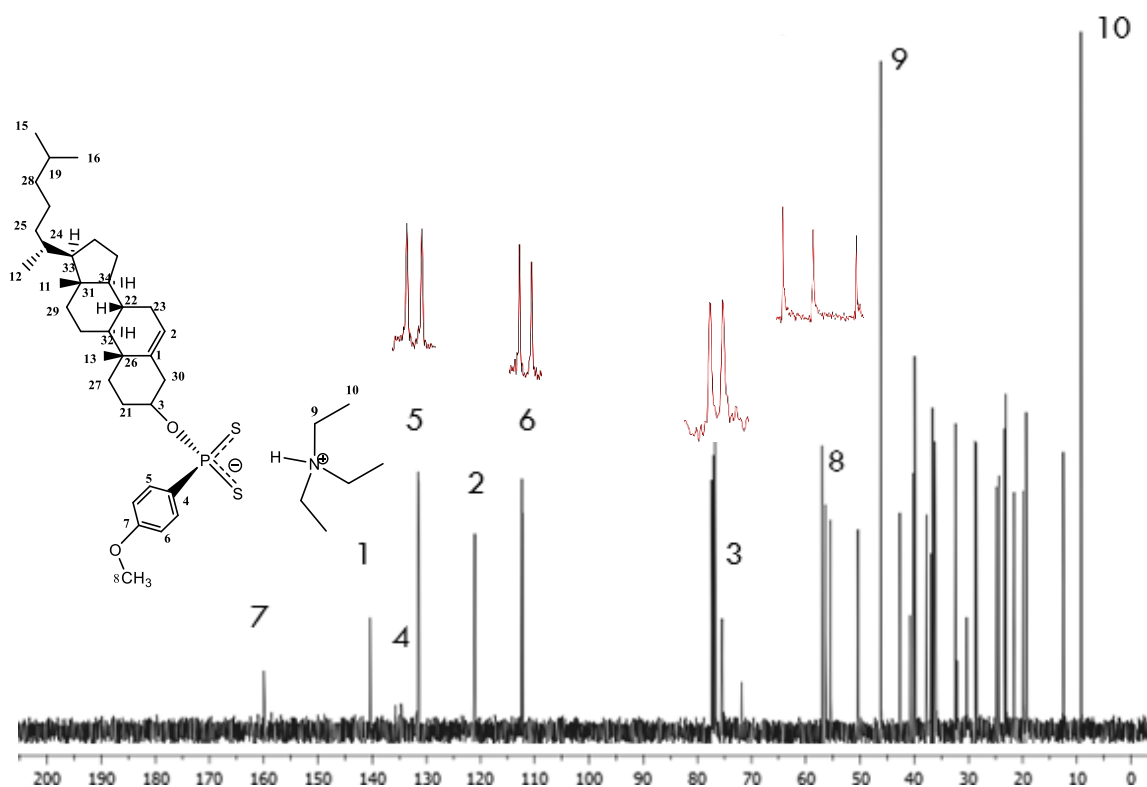
**Figura 9.** Espectro de RMN de  $^{31}\text{P}$  de 1A



**Figura 10.** Espectro de RMN  $^1\text{H}$  DEL COMPUESTO 1A en  $\text{CDCl}_3$ .

En el espectro de resonancia magnética nuclear de  $^1\text{H}$  (Figura 10) se observa una señal ancha en  $\delta$  10.42 ppm que integra para un hidrógeno y se asigna al hidrógeno  $\alpha$  del nitrógeno, se observa una señal con una multiplicidad de dobles de dobles en  $\delta$  8.12 ppm (D) que integra para dos hidrógenos y se asigna a los hidrógenos *orto* del grupo fenilo, de la misma manera se observa una señal con una multiplicidad dobles de dobles en  $\delta$  6.85 ppm que integra para dos hidrógenos y se asignan a los dos hidrógenos *meta* al átomo del fósforo. El compuesto 1A muestra una señal doble en  $\delta$  5.22 ppm esta señal pertenece al hidrógeno vinílico del colesterol que integra para un hidrógeno. La señal compleja en  $\delta$  4.19 ppm (B) se asigna al hidrógeno  $\alpha$  al oxígeno del grupo ditiofosfonato. La señal en  $\delta$  3.80 (G) ppm es un singulete que integra para tres hidrógenos que corresponde al grupo  $-\text{OCH}_3$ , en  $\delta$  3.26 ppm se observa un cuarteto, con una integración de seis que corresponden a los protones de los carbonos  $\alpha$  al nitrógeno del trietil de amonio.

Las señales restantes del espectro son de los hidrógenos alifáticos pertenecientes del colesterol. Estos datos coinciden con los reportados en la literatura para la estructura del colesterol libre.<sup>10c</sup>



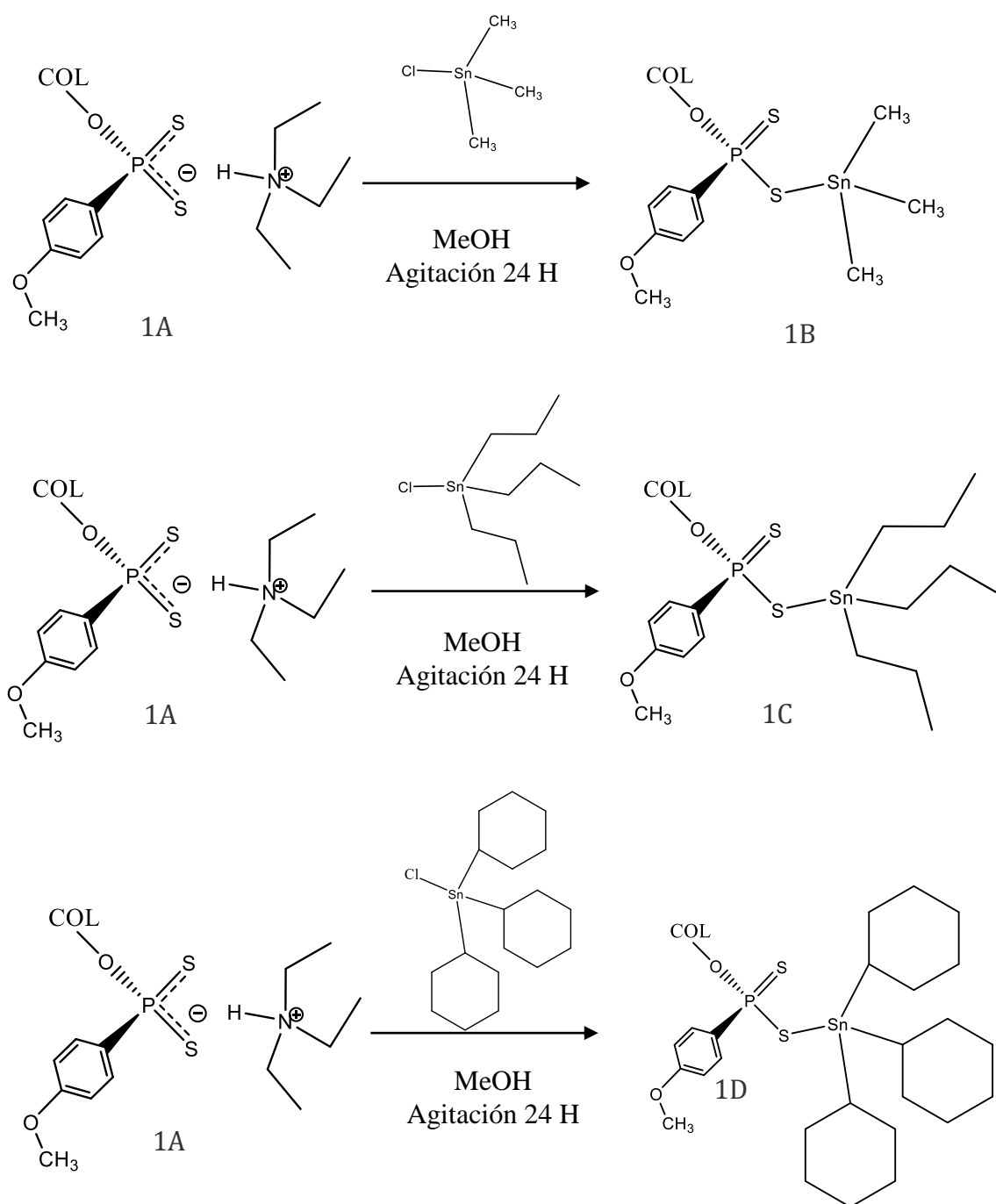
**Figura 11.** Espectro de RMN  $^{13}\text{C}$  DEL COMPUESTO 1A EN  $\text{CDCl}_3$

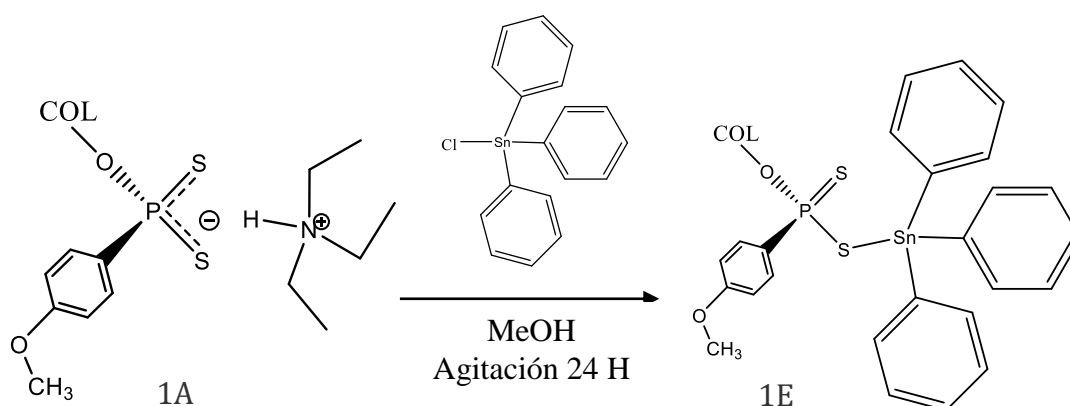
En la figura 11 se muestra el espectro de RMN  $^{13}\text{C}$  para el compuesto 1A. A continuación, se describen las señales más relevantes comenzando en campo bajo con la señal en  $\delta$  161.0 ppm que corresponde al carbono en posición *para* al fósforo, una señal en  $\delta$  141.19 ppm que pertenece al carbono cuaternario con doble enlace del fragmento del colesterol, el siguiente es un doblete  $\delta$  136.10 ppm asignado para el carbono aromático cuaternario  $\alpha$  al fósforo, la señal en  $\delta$  132.27 ppm pertenece al carbono en posición *orto* al fósforo, en  $\delta$  75.62 ppm una señal doble debida al carbono  $\alpha$  al oxígeno en el fragmento del colesterol. La señal en  $\delta$  55.44 ppm le pertenece al carbono  $-\text{OCH}_3$ , las señales en  $\delta$  46.0 y 8.7 ppm son de los carbonos del trietil amonio  $\alpha$  y  $\beta$  al nitrógeno, respectivamente, las señales alifáticas correspondientes al fragmento del colesterol libre que ya han sido reportadas.

Con todo este análisis espectroscópico se caracterizó perfectamente el ligante ditiofosfonato sintetizado en esta investigación, por lo cual se utilizó para la síntesis de los complejos organometálicos de Sn(IV).

## Síntesis de los complejos organometálicos de estaño (IV) 1B, 1C, 1D y 1E.

Los complejos 1B, 1C, 1D y 1E se sintetizaron a través de la reacción del ligante ditiofosfonato 1A en una relación estequiométrica 1:1 con los triorganoestaño (IV) correspondientes (Esquema 4).





**Esquema 4.** Complejos organometálicos de estaño (IV) **1B, 1C, 1D y 1E**

Los compuestos son estables a temperatura ambiente y solubles en diclorometano, cloroformo, tolueno y tetrahidrofurano e insolubles en metanol, etanol.

**Caracterización espectroscópica de los complejos 1B, 1C, 1D y 1E.**

**Espectroscopía de infrarrojo**

Todos los complejos muestran bandas en  $\bar{\nu}$  1600, 1150 y 1000  $\text{cm}^{-1}$ , correspondientes a las vibraciones  $\nu$  C=C, C-O y P-O, respectivamente, estas bandas de absorción con respecto a la sal de amonio del ligante permanecen muy similares. Además, exhiben dos bandas correspondientes a las vibraciones de estiramiento ( $\nu$ )PS<sub>2</sub> en los intervalos de  $\bar{\nu}$  618 – 636  $\text{cm}^{-1}$  (asimétrica) y  $\bar{\nu}$  530 – 548  $\text{cm}^{-1}$  (simétrica) Tabla 1. Considerando que la diferencia entre estas dos bandas es aproximadamente de 87  $\text{cm}^{-1}$ , se podría sugerir que se trata de un modo de coordinación anisobidentada, de acuerdo con lo reportado por Haiduc.<sup>10a</sup>

<b>Tabla 1.</b> Comparación de bandas $\nu$ del grupo PS <sub>2</sub> de los compuestos 1B, 1C, 1D y 1E			
COMPUESTOS	$\bar{\nu}$ asim. PS <sub>2</sub> ( $\text{cm}^{-1}$ )	$\bar{\nu}$ sim. PS <sub>2</sub> ( $\text{cm}^{-1}$ )	$\Delta \bar{\nu}$ PS <sub>2</sub> ( $\text{cm}^{-1}$ )
1B	636	548	88
1C	624	537	87
1D	620	533	87
1E	618	530	88



## Espectroscopía de RMN de $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , $^{31}\text{P}$ y $^{119}\text{Sn}$ .

La obtención de los cuatro complejos de triorganoestaño (IV) fueron adicionalmente confirmadas a través de los espectros de RMN de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$ , ya que se observan las señales con los desplazamientos e integraciones consistentes con las estructuras propuestas.

Los espectros de RMN de  $^{31}\text{P}$  (Tabla 2) muestran solo una señal para cada uno de los cuatro complejos 1B, 1C, 1D y 1E, lo cual es indicativo de la presencia de un solo compuesto, los espectros de RMN de  $^{31}\text{P}$  de los complejos muestran una sola señal desplazada a campo más alto en comparación del ligante 1A (105.89ppm).

Tabla 2: Desplazamientos químicos (ppm) de los complejos 1B, 1C, 1D, 1E por RMN de  $^{31}\text{P}$

Compuestos	$\delta$
1B	97.84
1C	94.44
1D	94.62
1E	89.69

Glidewell<sup>10d</sup> menciona que según el desplazamiento químico del fósforo se puede saber el modo de coordinación hacia el átomo metálico; un desplazamiento menor a  $\delta$  87 ppm indica un modo de coordinación monodentado mientras que un desplazamiento de  $\delta$  87 a 101 ppm indica una coordinación puenteada o bidentada. Los complejos 1B, 1C, 1D, 1E presentan desplazamientos químicos en el intervalo 89 a 97 ppm, esto nos indica que, en solución, los cuatro complejos presentan una coordinación bidentada del ligante. De acuerdo con los resultados obtenidos por los espectros de infrarrojo y RMN de  $^{31}\text{P}$  se puede sugerir que los modos de coordinación en los compuestos 1B, 1C, 1D, 1E son bidentados.

Los desplazamientos químicos en los espectros de RMN de  $^{119}\text{Sn}$  se ven afectados por una serie de factores como el número de coordinación del átomo de Sn, la electronegatividad de los ligantes, el ángulo alrededor del centro metálico, entre otros. En general se ha observado que conforme aumenta el número de coordinación la señal en el espectro de RMN de  $^{119}\text{Sn}$  se mueve

gradualmente a frecuencias más bajas (campo alto). De acuerdo con los resultados obtenidos y la literatura se puede sugerir el modo de coordinación del átomo de estaño a partir del desplazamiento químico de  $^{119}\text{Sn}$ .

La tabla 3 presenta los desplazamientos químicos de resonancia magnética nuclear de  $^{119}\text{Sn}$  de los compuestos 1B, 1C, 1D y 1E, se muestran una sola señal. Otera<sup>10e</sup> ha sugerido que los de  $\delta$   $^{119}\text{Sn}$  son indicativos del número de coordinación en el estaño, siendo los intervalos: -90 a -330 ppm para pentacoordinados, -125 a -515 ppm para hexacoordinados.

Otros autores han menciona que los  $\delta$   $^{119}\text{Sn}$  se modifican dependiendo de la naturaleza del ligante y de los átomos unidos al estaño, sugiere que en los intervalos: 60 a -150 ppm el estaño puede comportarse de manera tetracoordinada o pentacoordinada y 130 a -200 ppm de manera pentacoordinada o hexacoordinada.

**Tabla 3:** Desplazamientos químicos (ppm) de los complejos 1B, 1C, 1D, 1E por RMN de  $^{119}\text{Sn}$

Compuestos	$\delta$
1B	99.27
1C	-175.20
1D	21.28
1E	-93.78

Con base en los desplazamientos, los compuestos 1C y 1E se puede considerar que en solución son pentacoordinados mientras que los compuestos 1B y 1D tetracoordinados.

## DISCUSIÓN ESTRUCTURAL DEL COMPUESTO 1E POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

El compuesto 1E fue cristalizado por medio del método de difusión en un tubo de ensayo, utilizando  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  / MeOH. El compueso cristaliza en el grupo espacial monoclinico C2. Los datos completos de los ángulos y distancias de enlace del compuesto se encuentra en las tablas 4 en anexos.

**Tabla 4.** Información general de la estructura cristalina del compuesto 1E.

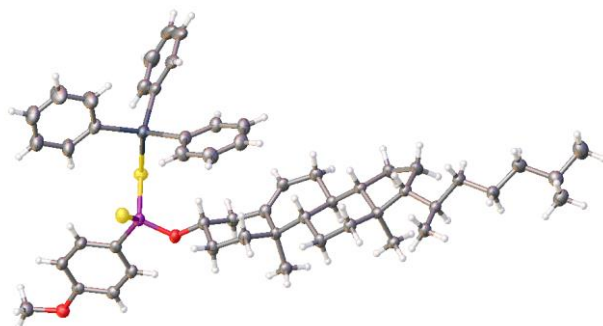
Código de identificación	Dcol-Sn-Sn
Formula empírica	C52H67O2PS2Sn
Peso molecular	937.83
Temperatura K	99.9(4)
Sistema cristalino	monoclinico
Grupo espacial	C2

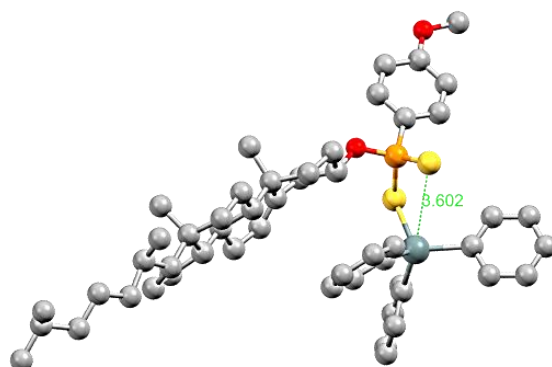
$a/\text{\AA}$	17.8515(3)
$b/\text{\AA}$	9.63816(14)
$c/\text{\AA}$	28.0530(4)
$\alpha/^\circ$	90
$\beta/^\circ$	94.8853(13)
$\gamma/^\circ$	90
Volumen/ $\text{\AA}^3$	4809.13(13)
$Z$	4
$\rho_{\text{calc}} \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	1.295
$F(000)$	1968.0
Radiation	CuK $\alpha$ ( $\lambda= 1.54184$ )
Final $R$ indexes	$R1 = 0.0240$ , $wR2 = 0.0634$
Final $R$ indexes (all data)	$R1 = 0.0244$ , $wR2 = 0.0637$

Mediante las técnicas de infrarrojo y resonancia magnética nuclear de  $^{31}\text{P}$  se planteó que el tipo de coordinación del compuesto 1E es bidentado.

A través de la difracción de rayos X de monocristal se confirmó que el tipo de coordinación es anisobidentada debido a que la distancia entre el átomo  $\text{Sn1}\cdots\text{S1}$  es de 2.441 Å y  $\text{Sn1}\cdots\text{S2}$  es de 3.602 Å. La distancia  $\text{Sn1}\cdots\text{S2}$  es menor que la suma de los radios de Van der Waals (4.0 Å) y mayor que la suma de los radios covalentes (2.42 Å), por lo cual se considera como una interacción intramolecular.

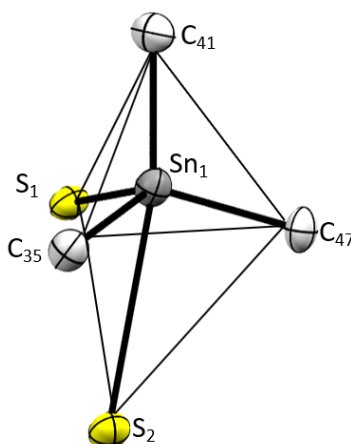
La distancia de los átomos etiquetados como  $\text{Sn1}\cdots\text{S1}$  es de 2.441 Å, siendo una distancia diferente en comparación con  $\text{Sn1}\cdots\text{S2}$ , por lo tanto, la coordinación obtenida es de tipo anisobidentada.





**Figura 12.** Estructura molecular del compuesto 1E con elipsoides

En el complejo 1E el átomo de estaño presenta un número de coordinación 5, con un grupo espacial monoclinico C2, con 4 moléculas por unidad asimétrica y una geometría bipirámide trigonal distorsionada, con átomos S(1), C(35), C(47) en posición ecuatorial y C(41), S(2) en posiciones axiales. Dicha geometría se puede deducir a partir de los ángulos que existen entre átomo y átomo, los ángulos para una bipirámide trigonal son: 120°, 90° y 180°. La figura 12 muestra la geometría alrededor del átomo de estaño.



**Figura 12.-**Geometría del compuesto 1E

**Tabla 5.** Ángulos y distancias del compuesto 1E

Distancias	(Å)	Ángulos	(°)
Sn(1) C(41)	2.147	S(2)Sn(1)S(1)	64.41
Sn(1) C(47)	2.144	S(2)Sn(1)C(47)	83.80
Sn(1) C(35)	2.148	S(2)Sn(1)C(35)	75.65
Sn(1) S(1)	2.441	C(41)Sn(1)C(35)	111.06
Sn(1) S(2)	3.602	C(41)Sn(1)S(1)	98.23
P(002)O(1)	1.589	C(41)Sn(1)C(47)	106.00
P(002)S(1)	2.085	S(1)P(002)S(2)	113.56
P(002)S(2)	1.939	S(1)P(002)O(1)	106.13
P(002)C(1)	1.795	S(1)P(002)C(1)	103.90
		S(1)Sn(1)C(35)	109.94

		C(35)Sn(1)C(47)	116.68
		S(1)Sn(1)C(47)	113.30
		C(41)Sn(1)S(2)	162.56

Como se puede observar en la tabla 5 los ángulos son diferentes de 90°, 120° y 180° por esta razón se dice que la geometría del complejo **1E** es bpirámide trigonal distorsionada.

## DESARROLLO EXPERIMENTAL

### GENERALIDADES

Los reactivos utilizados fueron de grado comercial siendo de la marca Aldrich.

Las reacciones para la obtención del ligante 1A se realizaron a temperatura ambiente en un matraz Schlenk de 200 ml, a reflujo constante con tolueno seco en agitación.

Las reacciones para la obtención de los complejos 1B, 1C, 1D y 1E se llevaron a cabo en un matraz bola de 50 ml utilizando como disolvente metanol, con agitación y a temperatura ambiente.

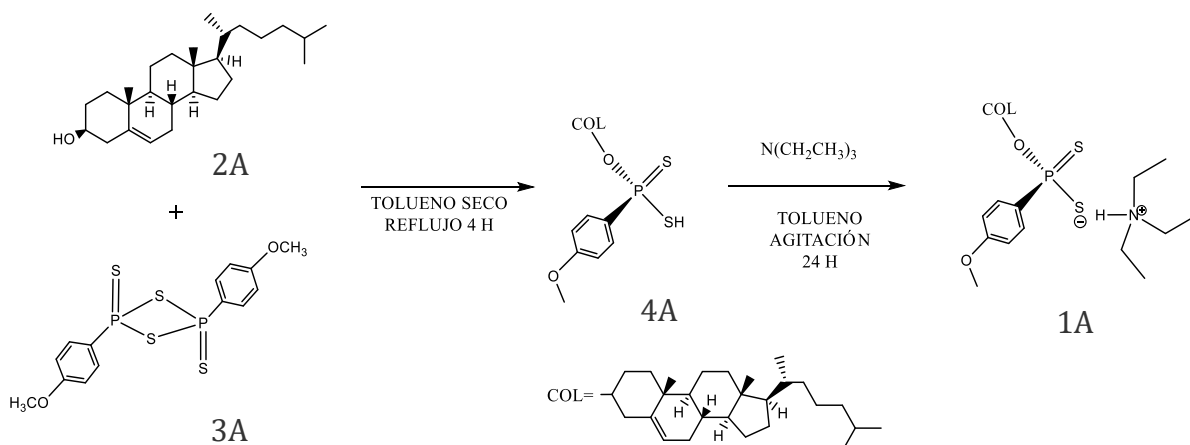
Los puntos de fusión se obtuvieron en un aparato MELT-TEMP 200 watts usando tubos capilares.

Los espectros de resonancia magnética nuclear de protón ( $^1\text{H}$ ), carbono ( $^{13}\text{C}$ ) y fósforo ( $^{31}\text{P}$ ) fueron obtenidos a temperatura ambiente en cloroformo deuterado, utilizando un espectrómetro Varian Unity 400 a 400 MHz, 100 MHz y 162 MHz, respectivamente como referencias para los espectros de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  se utilizó tetrametilsilano y para  $^{31}\text{P}$  trifenilfosfina. Los desplazamientos químicos fueron reportados en ppm. Los datos cristalográficos se obtuvieron en un equipo AGILENT TECHNOLOGIES SUPERNOVA, equipado con un detector de área CCD (EosS2) usando radiación Cu-K $\alpha$  ( $\lambda = 1.54184$ ) y Mo-K $\alpha$  ( $\lambda = 0.71073$ ), con monocromador de grafito, de una fuente de rayos X de microfoco, así como un enfriador Cryojet marca OXFORD INSTRUMENT.

El análisis elemental de los complejos se obtuvo en un equipo TERMO SCIENTIFIC modelo FLASH 2000.

### SINTESIS DEL LIGANTE DITIOFOSFONATO

La síntesis del ligante ditiofosfonato 1A se realizó en relación 2:1 molar, 1.91 g (4.94 mmol) de colesterol 2A y 1 g (2.47 mmol) del reactivo de Lawesson 3A en tolueno seco a reflujo durante 4 horas para producir el mercaptano 4A correspondiente, posteriormente se agregó 3.70 mmol de trietilamina y dejó durante 24 hrs a temperatura ambiente en agitación.



**Esquema 5. Síntesis del ditiofosfonato 1A.**

Posteriormente el producto de la reacción se filtró, la parte soluble se concentró a vacío generando un sólido blanco que es agitado en éter etílico por 24 h y posteriormente en acetona durante el mismo lapso de tiempo. El sólido fue filtrado y secado por medio de vacío.

Rendimiento: 67 %.

Formula: C<sub>40</sub>H<sub>68</sub>NO<sub>2</sub>PS<sub>2</sub>

P.M: 690.08 g/mol

P.F: 160–163 °C.

A.E: Calculado: C, 69.62; H, 9.93; S,9.29% Obtenido: C, 67.50; H, 9.45; S,8.79%

IR:  $\nu$  (cm<sup>-1</sup>)= 2935 (CH), 1592 (C=C), 1109 (O-C), 1028 (P-O), 624,552 (S=P).

RMN <sup>31</sup>P: (CDCl<sub>3</sub>,161 MHz)  $\delta$  (ppm)= 105.71 (s).

RMN <sup>1</sup>H: (CDCl<sub>3</sub>,400 MHz)  $\delta$  (ppm)= 10.42 (s,1H), 8.12 ppm(dd,2H, <sup>3</sup>J<sub>HP</sub> de 12.0 Hz y <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 8.0 Hz), 6.85 (dd,2H, <sup>4</sup>J<sub>HP</sub> de 4.0 Hz y <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 8.0), 5.22 (d,1H, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 8.0 Hz), 4.19 (dt, 1H, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 12.0 Hz, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 4.0 Hz y <sup>3</sup>J<sub>HP</sub> de 16.0 Hz), 3.80 (s,3H), 3.26 (q, 6H, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 8.0 Hz), 2.5-0.5 (m, 53H,colesterol y HN+(CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>).

RMN <sup>13</sup>C: (CDCl<sub>3</sub>,400 MHz)  $\delta$  (ppm)= 161.0 (C-7), 141.19 (C-1), 136 (C-4<sup>1</sup>J<sub>CP</sub> de 110.0 Hz), 132.27 (C-5 <sup>3</sup>J<sub>CP</sub> de 13.0 Hz), 121.76 (C-2), 75.62 (C-3, <sup>2</sup>J<sub>CP</sub> de 8.0 Hz), 55.44 (C-8), 46.0 (C-9), 8.7 (C-10), Carbonos del colesterol: 56.9, 56.3, 52.3, 42.5, 40.5 (<sup>3</sup>J<sub>CP</sub> de 3.0 Hz), 39.9, 39.7, 37.4, 36.6, 36.3, 35.9, 32.1, 32.0, 30 (<sup>3</sup>J<sub>CP</sub>=3 Hz), 28.4, 28.1, 24.4, 24, 22.9, 22.7, 21.2, 19.4, 18.9, 12.

## SINTESIS DE LOS COMPLEJOS ORGANOMETALICOS CON EL LIGANTE DITIOFOSFONATO 1B, 1C, 1D y 1E

En un matraz bola de 50 ml se adicionó 1 equivalente del ditiofosfonato A1 disuelto en 35 ml de MeOH grado absoluto, se hizo reaccionar con 1 equivalente de los respectivos cloruros de triorganoestaño. La reacción se llevó a cabo por 48 horas en agitación magnética constante. Las cantidades utilizadas se muestran en la tabla 7

<b>Tabla 7: Cantidades de materia prima utilizadas</b>	
<b>Materias primas</b>	<b>Cantidades (g/mmol)</b>
Ligante (A1)	0.2 /0.2898
Me <sub>3</sub> SnCl	0.0577/0.2896
Bu <sub>3</sub> SnCl	0.0943/0.2898
Cy <sub>3</sub> SnCl	0.1169/0.2896
Ph <sub>3</sub> SnCl	0.1117/0.2897

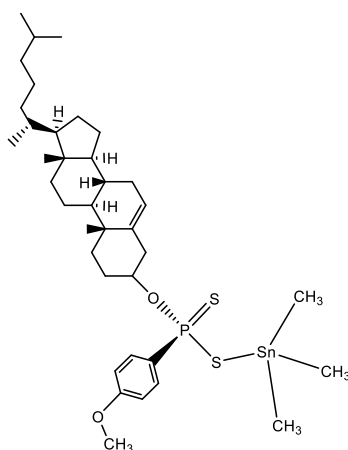
El producto de los complejos 1D y 1E se filtró obteniéndose sólidos blancos estables a temperatura ambiente y solubles en dicloro metano, metanol, hexano, acetato de etilo y éter.

El producto del complejo 1B se concentró a sequedad y posteriormente se disolvió en 10 ml de metanol seguido de esto se filtró y se obtuvo un sólido blanco, estable a temperatura ambiente y soluble en dicloro metano, metanol, hexano, acetato de etilo y éter. (NO creo que sea soluble en hexano)

El producto del complejo 1C se precipitó con dicloro metano/ metanol en frío y se filtró obteniéndose un sólido blanco, estable a temperatura ambiente y soluble en dicloro metano, metanol, acetato de etilo y éter.



## Compuesto 1B



Rendimiento: 63 %.

Formula:  $C_{37}H_{61}O_2PS_2Sn$

P.M: 751,70

P.F: 137 °C

A.E: Calculado: C, 59.12; H, 8.18; S,8.53% Obtenido: C, 58.11; H, 8.009; S,7.9458%

IR:  $\nu$  ( $cm^{-1}$ ) = 2935 (CH), 1592 (C=C), 1109 (O-C), 1028 (P-O), 636,548 (S=P).

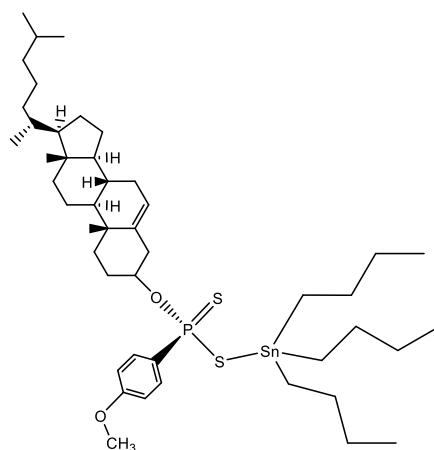
RMN  $^{31}P$ : ( $CDCl_3$ ,161 MHz)  $\delta$  (ppm)= 97.84

RMN  $^{119}Sn$ : ( $CDCl_3$ ,161 MHz)  $\delta$  (ppm)= 99.27

RMN  $^1H$ : ( $CDCl_3$ ,400 MHz)  $\delta$  (ppm)= 8.12 ppm(dd,2H,  $^3J_{HP}$  de 12.0 Hz y  $^3J_{HH}$  de 8.0 Hz), 6.85 (dd,2H,  $^4J_{HP}$  de 4.0 Hz y  $^3J_{HH}$  de 8.0), 5.22 (d,1H,  $^3J_{HH}$  de 8.0 Hz), 4.19 (dtt, 1H,  $^3J_{HH}$  de 12.0 Hz,  $^3J_{HH}$  de 4.0 Hz y  $^3J_{HP}$  de 16.0 Hz), 3.80 (s,3H), 2.5-0.5 (m, 52H,colesterol y  $Sn(CH_3)_3$ ).

RMN  $^{13}C$ : ( $CDCl_3$ ,400 MHz)  $\delta$  (ppm)= 161.0 (C-7), 141.19 (C-1), 136 (C-4 $^1J_{CP}$  de 110.0 Hz), 132.27 (C-5  $^3J_{CP}$  de 13.0 Hz), 121.76 (C-2), 75.62 (C-3 ,  $^2J_{CP}$  de 8.0 Hz), 55.44 (C-8), -1.53 (C-39), Carbonos del colesterol: 56.9, 56.3, 52.3, 42.5, 40.5 ( $^3J_{CP}$  de 3.0 Hz), 39.9, 39.7, 37.4, 36.6, 36.3, 35.9, 32.1, 32.0, 30 ( $^3J_{CP}=3$  Hz), 28.4, 28.1, 24.4, 24, 22.9, 22.7, 21.2, 19.4, 18.9, 12.

## Compuesto 1C



Rendimiento: 54 %.

Formula: C<sub>46</sub>H<sub>79</sub>O<sub>2</sub>PS<sub>2</sub>Sn

P.M: 877,94

P.F: 175 °C

A.E: Calculado: C, 61.79; H, 8.80; S,7.67% Obtenido: C,59.90; H, 8.25; S,7.32%

IR:  $\nu$  (cm<sup>-1</sup>)= 2935 (CH), 1592 (C=C), 1109 (O-C), 1028 (P-O), 624,537 (S=P).

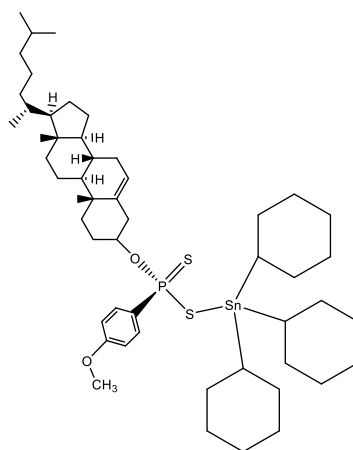
RMN <sup>31</sup>P: (CDCl<sub>3</sub>,161 MHz)  $\delta$  (ppm)= 94.44.

RMN <sup>119</sup>Sn: (CDCl<sub>3</sub>,161 MHz)  $\delta$  (ppm)= -175.2

RMN <sup>1</sup>H: (CDCl<sub>3</sub>,400 MHz)  $\delta$  (ppm)= 8.12 ppm (dd,2H, <sup>3</sup>J<sub>HP</sub> de 12.0 Hz y <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 8.0 Hz), 6.85 (dd,2H, <sup>4</sup>J<sub>HP</sub> de 4.0 Hz y <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 8.0), 5.22 (d,1H, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 8.0 Hz), 4.19 (dtt, 1H, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 12.0 Hz, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> de 4.0 Hz y <sup>3</sup>J<sub>HP</sub> de 16.0 Hz), 3.80 (s,3H), 2.5-0.5 (m, 70H,colesterol y Sn(n-butyl)<sub>3</sub>).

RMN <sup>13</sup>C: (CDCl<sub>3</sub>,400 MHz)  $\delta$  (ppm)= 161.0 (C-7), 141.19 (C-1), 136 (C-4<sup>1</sup>J<sub>CP</sub> de 110.0 Hz), 132.27 (C-5 <sup>3</sup>J<sub>CP</sub> de 13.0 Hz), 121.76 (C-2), 75.62 (C-3, <sup>2</sup>J<sub>CP</sub> de 8.0 Hz), 55.44 (C-8), 17.14 (C-40),28.22 (C-41), 27.23 (C-42), 13.86 (C-43), Carbonos del colesterol: 56.9, 56.3, 52.3, 42.5, 40.5 (<sup>3</sup>J<sub>CP</sub> de 3.0 Hz), 39.9, 39.7, 37.4, 36.6, 36.3, 35.9, 32.1, 32.0, 30 (<sup>3</sup>J<sub>CP</sub>=3 Hz), 28.4, 28.1, 24.4, 24, 22.9, 22.7, 21.2, 19.4, 18.9, 12.

## Compuesto 1D



Rendimiento: 80 %.

Formula:  $C_{52}H_{85}O_2PS_2Sn$

P.M: 956,05

P.F: 115 °C

A.E: Calculado: C, 65.33 ; H, 8.96; S,6.71% Obtenido: C,63.11; H, 8.54; S,6.40%

IR:  $\nu$  ( $cm^{-1}$ )= 2935 (CH), 1592 (C=C), 1109 (O-C), 1028 (P-O), 620,533 (S=P).

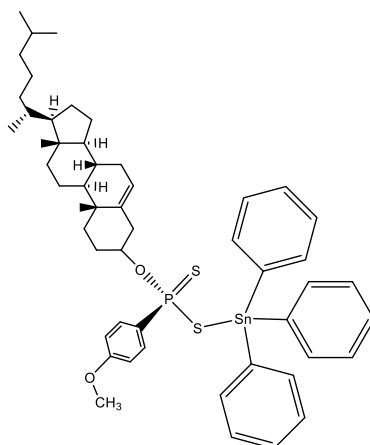
RMN  $^{31}P$ : ( $CDCl_3$ ,161 MHz)  $\delta$  (ppm)= 94.62.

RMN  $^{119}Sn$ : ( $CDCl_3$ ,161 MHz)  $\delta$  (ppm)= 21.28

RMN  $^1H$ : ( $CDCl_3$ ,400 MHz)  $\delta$  (ppm)= 8.12 ppm(dd,2H,  $^3J_{HP}$  de 12.0 Hz y  $^3J_{HH}$  de 8.0 Hz), 6.85 (dd,2H,  $^4J_{HP}$  de 4.0 Hz y  $^3J_{HH}$  de 8.0), 5.22 (d,1H,  $^3J_{HH}$  de 8.0 Hz), 4.19 (dt, 1H,  $^3J_{HH}$  de 12.0 Hz,  $^3J_{HH}$  de 4.0 Hz y  $^3J_{HP}$  de 16.0 Hz), 3.80 (s,3H), 2.5-0.5 (m, 76H,colesterol y  $Sn(Cy_3)_3$ ).

RMN  $^{13}C$ : ( $CDCl_3$ ,400 MHz)  $\delta$  (ppm)= 161.0 (C-7), 141.19 (C-1), 136 (C-4 $^1J_{CP}$  de 110.0 Hz), 132.27 (C-5  $^3J_{CP}$  de 13.0 Hz), 121.76 (C-2), 75.62 (C-3 ,  $^2J_{CP}$  de 8.0 Hz), 55.44(C-8), 27.10(C-44), 34.61(C-45), 32.29 (C-46), 29.40 (C-47), Carbonos del colesterol: 56.9, 56.3, 52.3, 42.5, 40.5 ( $^3J_{CP}$  de 3.0 Hz), 39.9, 39.7, 37.4, 36.6, 36.3, 35.9, 32.1, 32.0, 30 ( $^3J_{CP}$ =3 Hz), 28.4, 28.1, 24.4, 24, 22.9, 22.7, 21.2, 19.4, 18.9, 12.

## Compuesto 1E



Rendimiento: 76%.

Formula:  $C_{52}H_{67}O_2PS_2Sn$

P.M: 937,91

P.F: 150 °C

A.E: Calculado: C, 66.59 ; H, 7.20; S,6.84% Obtenido: C,64.74; H, 6.89; S,6.50%

IR:  $\nu$  ( $cm^{-1}$ )= 2935 (CH), 1592 (C=C), 1109 (O-C), 1028 (P-O), 618, 530 (S=P).

RMN  $^{31}P$ : ( $CDCl_3$ ,161 MHz)  $\delta$  (ppm)= 89.69.

RMN  $^{119}Sn$ : ( $CDCl_3$ ,161 MHz)  $\delta$  (ppm)= -93.78.

RMN  $^1H$ : ( $CDCl_3$ ,400 MHz)  $\delta$  (ppm)= 8.12 ppm(dd,2H,  $^3J_{HP}$  de 12.0 Hz y  $^3J_{HH}$  de 8.0 Hz), 6.85 (dd,2H,  $^4J_{HP}$  de 4.0 Hz y  $^3J_{HH}$  de 8.0), 5.22 (d,1H,  $^3J_{HH}$  de 8.0 Hz), 4.19 (dtt, 1H,  $^3J_{HH}$  de 12.0 Hz,  $^3J_{HH}$  de 4.0 Hz y  $^3J_{HP}$  de 16.0 Hz), 3.80 (s,3H), 7.37-7.68 (m,15H, $Sn(Cy_3)_3$ , 2.5-0.5 (m, 76H,colesterol ).

RMN  $^{13}C$ : ( $CDCl_3$ ,400 MHz)  $\delta$  (ppm)= 161.0 (C-7), 141.19 (C-1), 136 (C-4 $^1J_{CP}$  de 110.0 Hz), 132.27 (C-5  $^3J_{CP}$  de 13.0 Hz), 121.76 (C-2), 75.62 (C-3 ,  $^2J_{CP}$  de 8.0 Hz), 55.44 (C-8), 138.94(C-48), 137.17(C-50), 129.85(C-51), 128.91(C-49), Carbonos del colesterol: 56.9, 56.3, 52.3, 42.5, 40.5 ( $^3J_{CP}$  de 3.0 Hz), 39.9, 39.7, 37.4, 36.6, 36.3, 35.9, 32.1, 32.0, 30 ( $^3J_{CP}$ =3 Hz), 28.4, 28.1, 24.4, 24, 22.9, 22.7, 21.2, 19.4, 18.9, 12.

## CONCLUSIONES

1.- Se llevó a cabo la síntesis y caracterización completa del ligante ditiofosfonato **1A**. Así como la obtención de cuatro complejos de triorganoestaño (IV) derivados de dicho ligante ditiofosfonato, los cuales se caracterizaron por medio diversas técnicas espectroscópicas: espectroscopía infrarroja, RMN de  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{119}\text{Sn}$  y para el caso del compuesto **1E** por difracción de rayos X de monocristal.

2.- De acuerdo con la evidencia obtenida por las diferentes técnicas espectroscópicas se puede afirmar la formación de los cinco nuevos compuestos.

3.- En el infrarrojo se analizaron las vibraciones de estiramiento ( $\nu$ ) $\text{PS}_2$  en los intervalos de  $\bar{\nu}$  618 – 636  $\text{cm}^{-1}$  (asimétrica) y  $\bar{\nu}$  530 – 548  $\text{cm}^{-1}$  (simétrica) de los complejos obtenidos y de acuerdo a la diferencia entre estas dos bandas que es aproximadamente de 87  $\text{cm}^{-1}$ , se podría sugerir que el modo de coordinación del ligante es anisobidentado.

4.- Los espectros de RMN  $^{31}\text{P}$  e infrarrojo fueron comparados entre la sal del ligante ditiofosfonato utilizado y los cuatro complejos obtenidos determinándose que el desplazamiento químico y la diferencia entre las bandas  $\bar{\nu}$   $\text{PS}_2$  ayuda a sugerir el modo de la coordinación anisobidentado.

5.- Por medio de RMN de  $^{31}\text{P}$  los complejos 1B, 1C, 1D, 1E presentan desplazamientos químicos en el intervalo 89 a 97 ppm, esto nos indica que, en solución, los cuatro complejos presentan una coordinación de tipo bidentada del ligante.

6.- En base en los desplazamientos de RMN de  $^{119}\text{Sn}$ , los compuestos 1C y 1E se puede considerar que en solución son pentacoordinados y el compuesto 1B y 1D son tetracoordinados.

7.- A través de la difracción de rayos X de monocristal del complejo **1E** el modo de coordinación del ligante es de tipo anisobidentado y la geometría que presenta el estaño es bpirámide trigonal distorsionada.

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup>H. Van Der Walt, A. Muller, W. E. van Zyl, *Acta Cryst.* E66 (2010) 2146-2147.
- <sup>2</sup> V. Martins Rebello dos Santos e C. L. Donnici. 28 de noviembre de 2006. Compostos organofosforados pentavalentes: histórico, métodos sintéticos de preparação e aplicações como inseticidas e agentes antitumorai. Departamento de Química, Instituto de Ciências, 12.
- <sup>3</sup> C. di Yorio, B. Calles, Y. Peña, E García Carcedo, J.N. Ayala, N. Cornejo, A. Hernández, N. Munroe. 13, octubre, 2003. Estudio de la flotabilidad de pirita aurífera proveniente de desechos de procesos venezolanos de cianuración. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Metalurgia y Ciencia de los Materiales. Centro de Investigación y Desarrollo de Metalurgia Extractiva de la UCV, 2-7.
- <sup>4</sup> W.E. van Zyl, J.D. Woollins, *Coord. Chem. Rev.* 257 (2013) 718–731.  
[http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Salud/Milla\\_C\\_O/Generalidades.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Salud/Milla_C_O/Generalidades.pdf)
- <sup>5</sup> C. Silvestru, I. Haiduc, *Coord. Chem. Rev.* 147 (1996) 117.
- <sup>6</sup> A.M. Barnes, K.D. Bartle, V.R.A. Thibon, *Tribol. Int.* 34 (2001) 389.
- <sup>7</sup> I. Haiduc, D.B. Sowerby, *Polyhedron*, 15 (1996) 2469.
- <sup>8</sup> Haiduc, I. (n.d.). Chapter 10.2. 1,1-Dithiolato Ligands and Related Selenium and Tellurium Compounds. *Handbook of Chalcogen Chemistry*, 593–643.
- <sup>9</sup> L. Xu, J. Huang, D. Yan, Q. Zhang, *Inorg. Chem.*, 35 (1996) 1389.
- <sup>10a</sup> I. Haiduc, I. Silaghi-Dumitrescu, R. Grecu, R. Constantinescu, L. Silaghi-Dumitrescu, Vibrational spectra of phosphorodithioic metal complexes. Normal coordinate treatment of bis(o-isopropylethylthiophosphonato)nickel(II). *J. Mol. Struct.*, 114 (1984) 467–470.
- <sup>10b</sup> C. Glidewell. *Inorg. Chem. Acta.*, 25 (1977) 159.
- <sup>10c</sup> N. E. Jacobsen, *Nmr Spectroscopy Explained Simplified Theory, Applications and Examples for Organic Chemistry and Structural Biology*, Wiley, E.U, (2007).
- <sup>10d</sup> C. Glidewell. *Inorg. Chem. Acta.* 25 (1977) 159.
- <sup>10e</sup> Otera 119Sn Chemical Shifts in five- and six-coordinate organotin chelates. *J. Organomet. Chem.* 221(1981), 57–61.

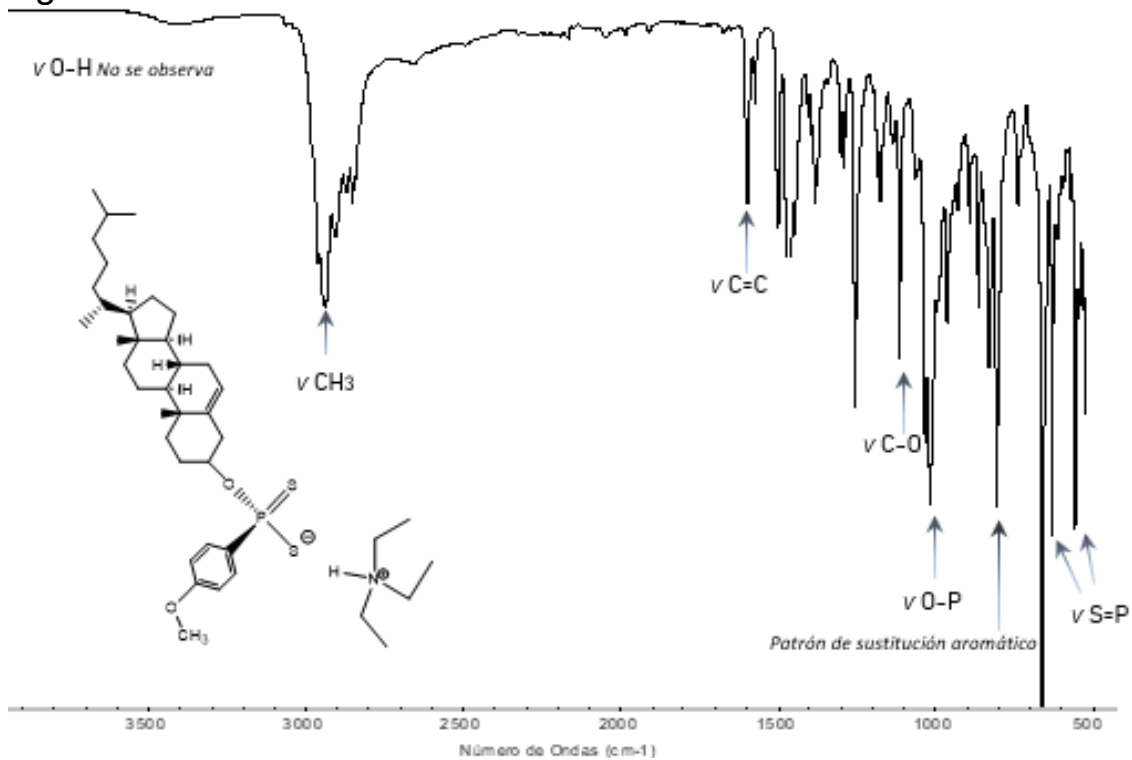
- <sup>11</sup>Van Zyl, W. E., & Woollins, J. D. (2013). The coordination chemistry of dithiophosphonates: An emerging and versatile ligand class. *Coord. Chem. Rev.* 257(3-4), 718–731.
- <sup>12</sup>Van Zyl, W. E., Staples, R. J., & Fackler, Jr, J. P. Dinuclear gold(I) dithiophosphonate complexes: formation, structure and reactivity. *Inorg. Chem. Comm.* 1 (1998) 51-54
- <sup>13</sup>A.T. Pilipenko, L.I. Savranskii, A.I. Zubenko, *Sov. J. Coord. Chem.* 7 (1981) 804.
- <sup>14</sup>A. S. Marggraff, *Miscellanea Berolinensia* 6 (1740) 54.
- <sup>15</sup>Berzelius, Justus *Liebig's Ann. Chem.* 59 (1843) 593.
- <sup>16</sup>B.S. Pederson, S. Scheibye, N.H. Nilsson, S.O. Lawesson *Bull. Soc., Chim. Belg.* (1978) 223.
- <sup>17</sup>M.R.S. Foreman, A.M.Z. Slawin, J.D. Woollins, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* (1996) 3653.
- <sup>18</sup>H. Hirai, H. Yoshioka, *Chem. Abs.* 71 (1969) 50213h.
- <sup>19</sup>Arca, M.; Cornia, A.; Devillanova, F. A.; Fabretti, A. C.; Isaia, F.; Lippolis, V.; Verani, G. *Inorg. Chim. Acta*, 1997, 262, 81–84.
- <sup>20</sup> M. C. Aragoni, M. Arca, F. Demartin, F. A. Devillanova, C. Graiff, F. Isaia, V. Lippolis, A. Tiripicchio, G. Verani, *Eur. J. Inorg. Chem.* 2000, 2239–2244.
- <sup>21</sup> M. C. Aragoni, M. Arca, F. Demartin, F. A. Devillanova, C. Graiff, F. Isaia, V. Lippolis, A. Tiripicchio, G. J. Verani, *Chem. Soc., Dalton Trans.* 2001, 2671–2677.
- <sup>22</sup>V. Tudela. (2012). *El colesterol: lo bueno y lo malo*. 4<sup>a</sup> ed. La Ciencia desde México: Fondo de Cultura Económica / Mexico, 15.
- <sup>23</sup>. Maldonado Saavedra, . Ramírez Sánchez, J. R. García Sánchez. (2012). *Cholesterol: Biological function and medical implications*. *Revista Mexicana de ciencias farmacéuticas*, 8.
- <sup>24</sup> J. D. Horton, J. L. Goldstein, M. S. Brown, SREBPs: activators of the complete program of cholesterol and fatty acid synthesis in the liver. *J Clin Invest.* 109 (2002) 1125.
- <sup>25</sup> D. E. Vance, H. Van den Bosch, *Cholesterol in the year 2000*. *Biochem Biophys Acta.*; 15(1529) (2000) 1-8.
- <sup>26a</sup> H. Van Der Walt, A. Muller, W.E. Van Zyl, *Acta Crystallogr. Sect.E Struct. Rep. Online* 66(2010)2146.



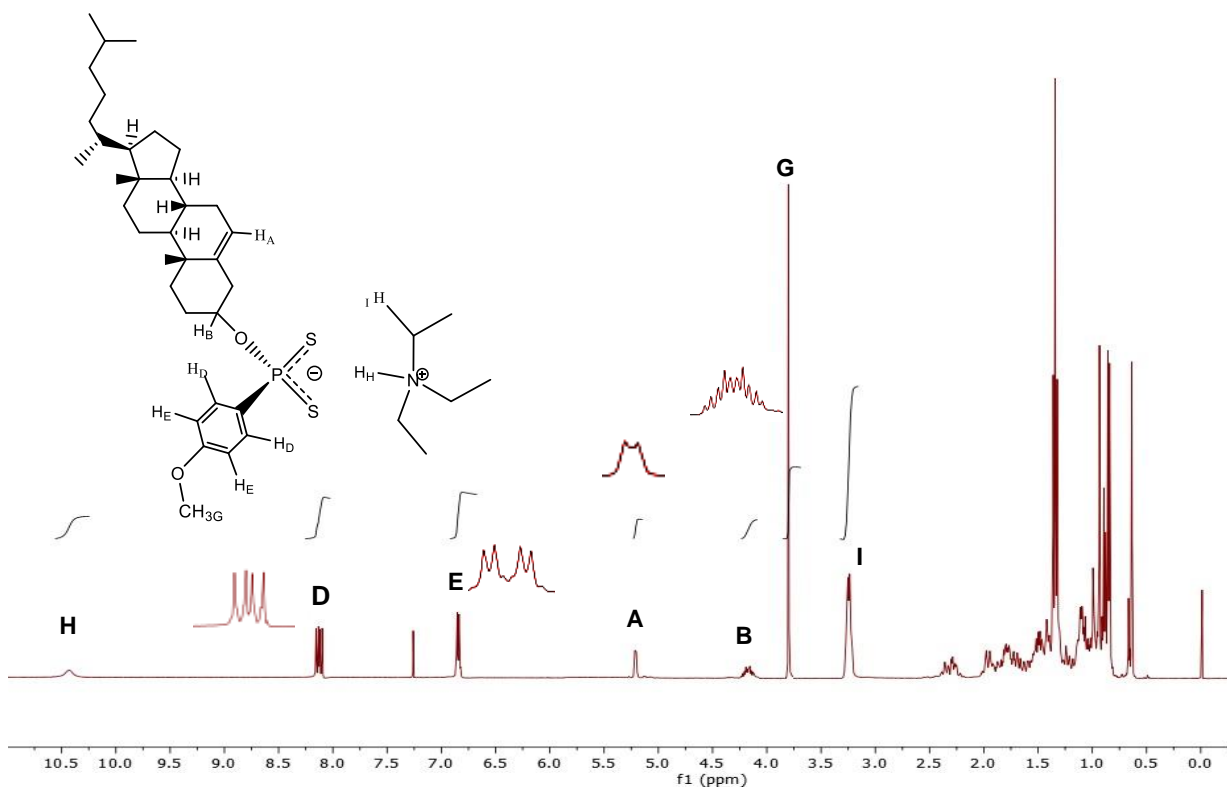
- <sup>26b</sup> D. Sosa, M. López-Cardoso, H. Tlahuext, G. Vargas.Pineda, P. Román-Bravo, R. Cea-Olivares. *Inorg. Quim. Acta*, (2019) 495, 118943.
- <sup>27</sup>A. M. Kinnear, E. A. Perren, *J. Chem. Soc.*, (1952) 3437.
- <sup>28</sup>E. Arkis, *Tin Chemistry, Fundamentals, Frontiers and Applications*, Eds. A. G. Davies, M. Gielen, K. H. Pannell and E. R. T. Tiekink, 2008, 312-323, Wiley, UK
- <sup>29</sup> D. Berto, M. Giani, R. Boscolo, S. Covelli, O. Giovanardi, M. Massironi, L. Grassia, *Organotins (TBT and DBT) in water, sediments, and gastropods of the southern Venice lagoon (Italy)*. *Marine Pollution Bulletin* (2007).
- <sup>30</sup>D. R. Baker, C. Orinda, **ORGANOTIN MITICIDAL AND INSECTICIDAL COMPOUNDS**. United States Paten, Dec. 29, 1975. 1-3.
- <sup>31</sup> N. W. Alcock, R. E. Timms, *J. Chem. Soc.*, (1968) 1873 -1876.
- <sup>32</sup> M. M. Amini, S. W. Ng, K. A. Fidelis, M. J. Hegg, C. R. Muchmore, D. van der Helm, J. J. Zuckerman, *J. Organomet. Chem.*, 365 (1989) 103.
- <sup>33</sup> F. Barbieri, M. Viale, F. Sparatore, G. Schettini, A. Favre, C. Bruzzo, F. Novelli, A. Alama, *Anti-Cancer Drugs*, 13, 6, (2002) 599-604
- <sup>34</sup>S. Nizamov, V. A. Kuznetzov, E. S. Batyeva, and V. A. Al'fonsov, *Izv. Akad. Nauk., Ser. Khim.*, 10 (1992) 2457.
- <sup>35</sup>M. Fild, O. Kruger, I Silaghi-Dumitrescu, C. Thone, A. Weinkauff, *Phosphorus, Sulfur, Silicon, Relat. Elem.* 182, (2007) 2283-2310.

# ANEXO ESPECTROS

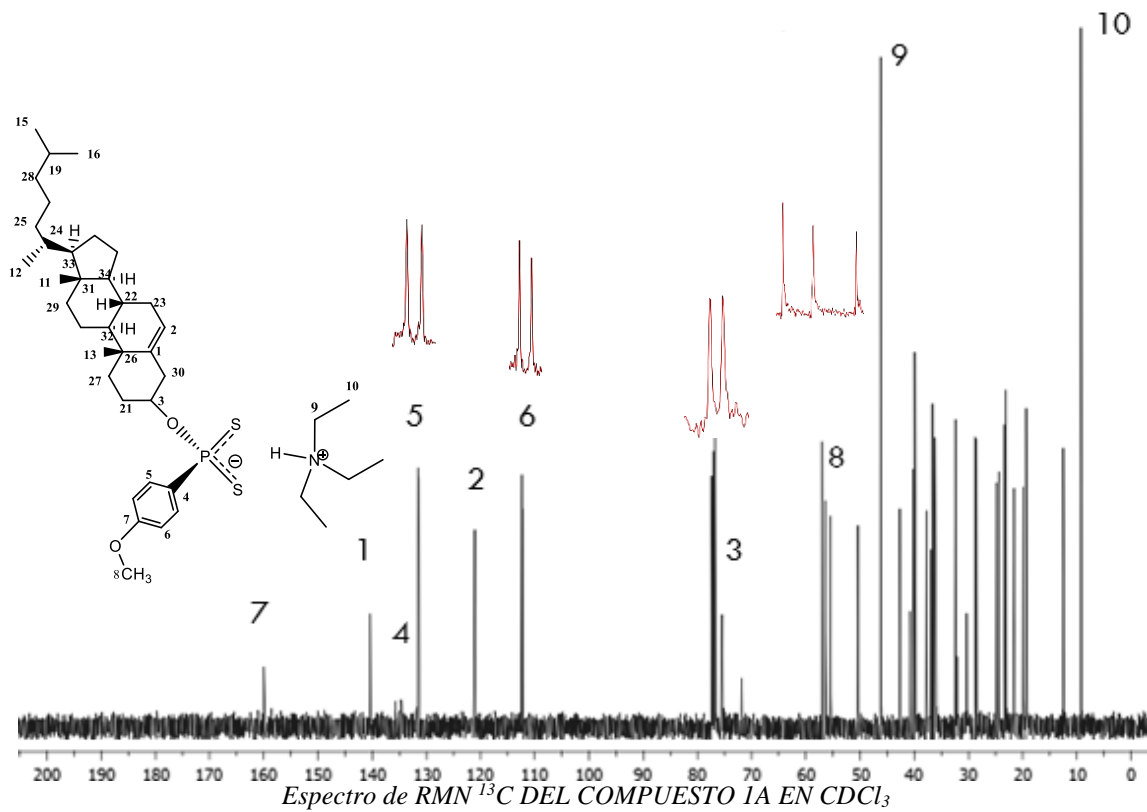
## Ligante 1A



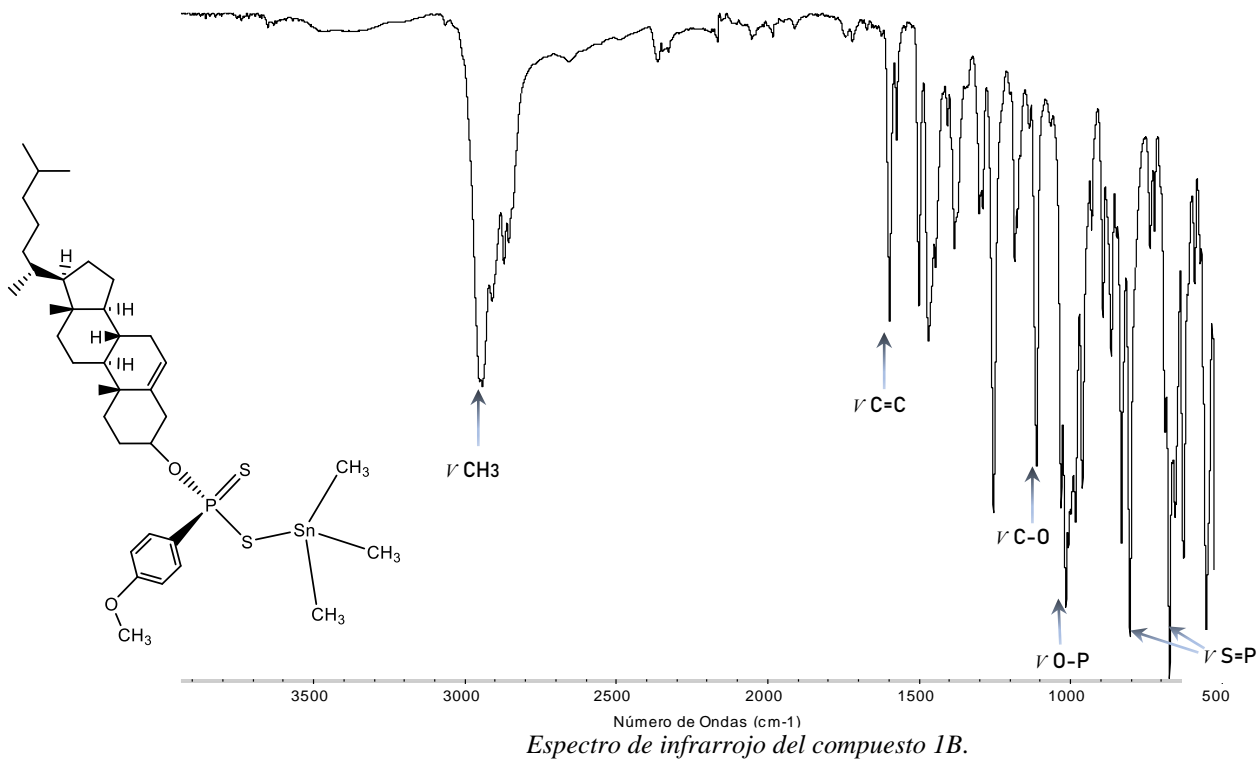
*Espectro de infrarrojo del compuesto 1A.*

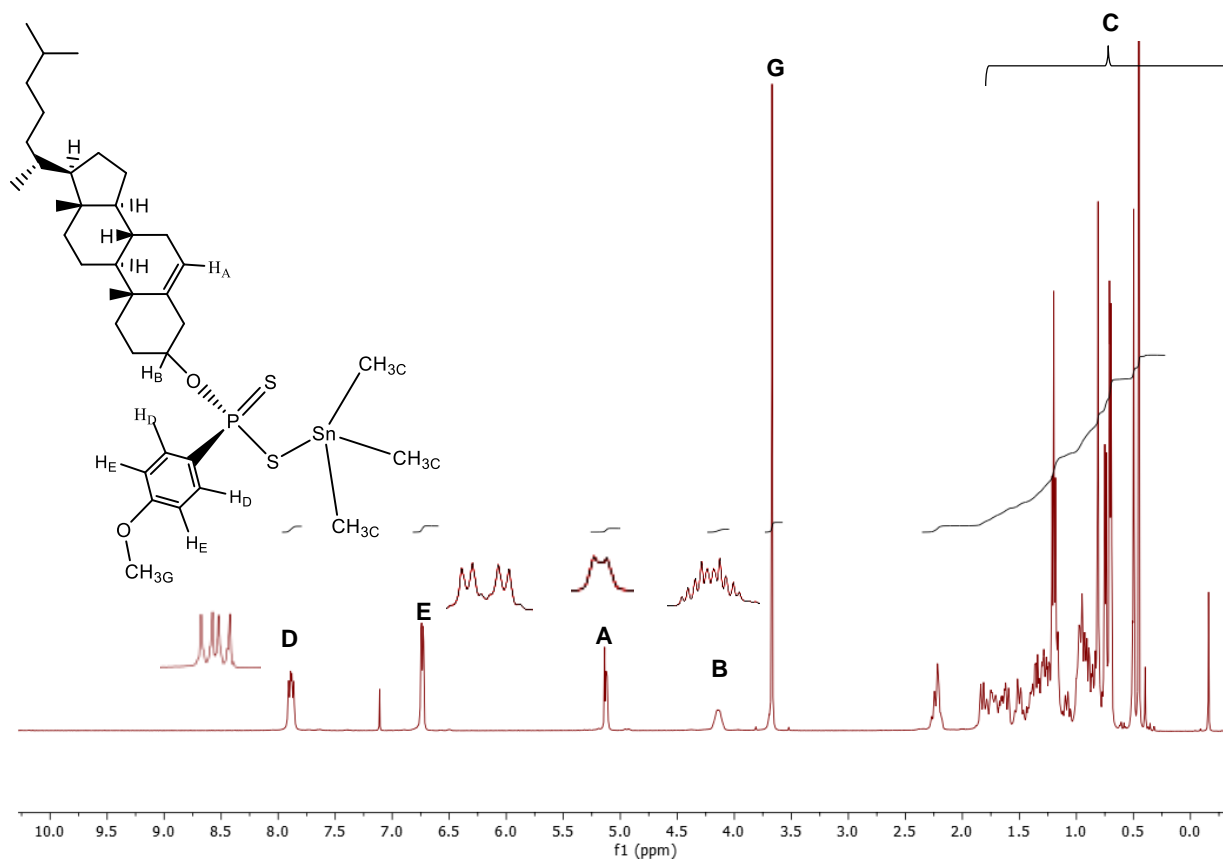


*Espectro de RMN  $^1\text{H}$  DEL COMPUESTO 1A en  $\text{CDCl}_3$ .*

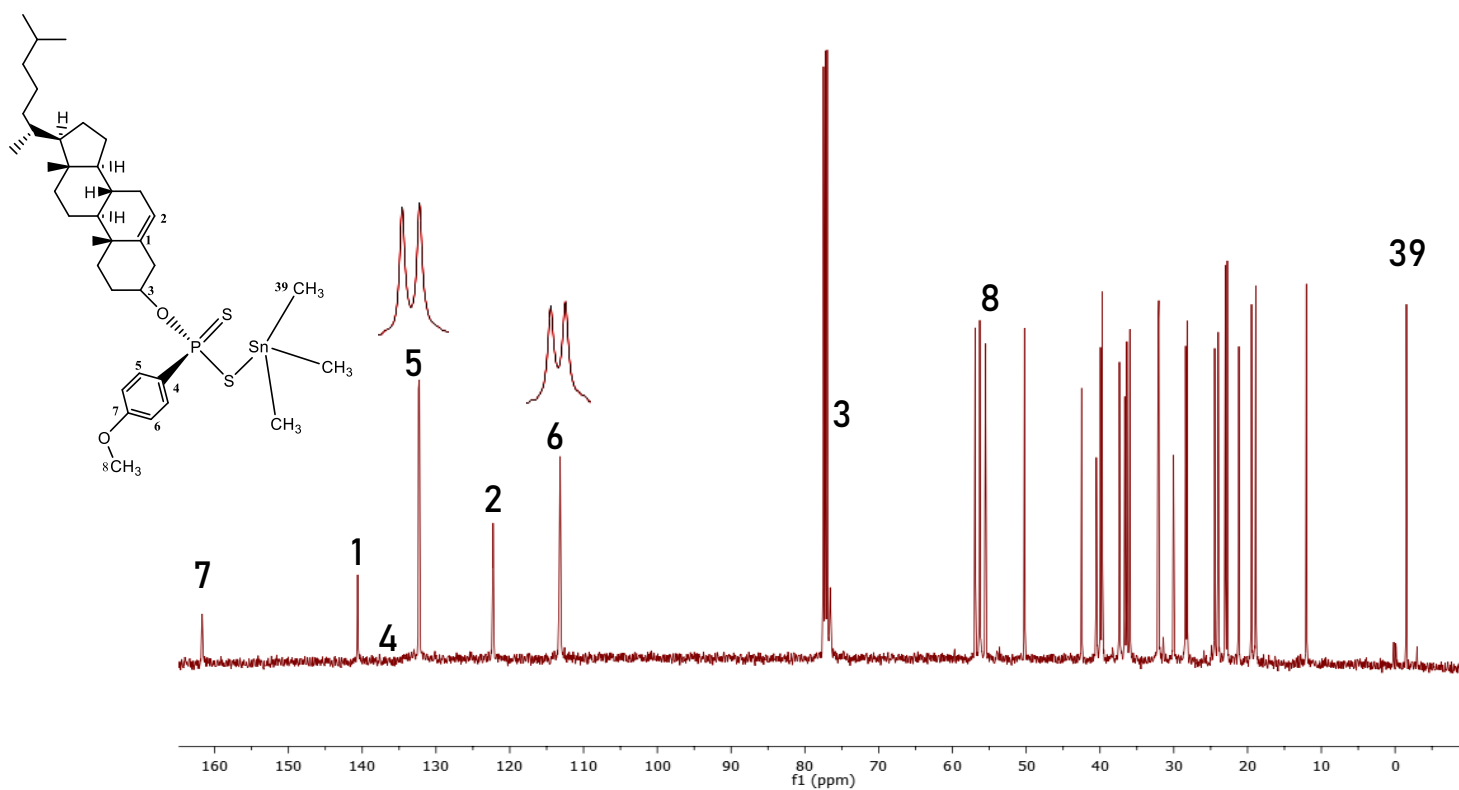


### COMPLEJOS 1B, 1C, 1D, 1E

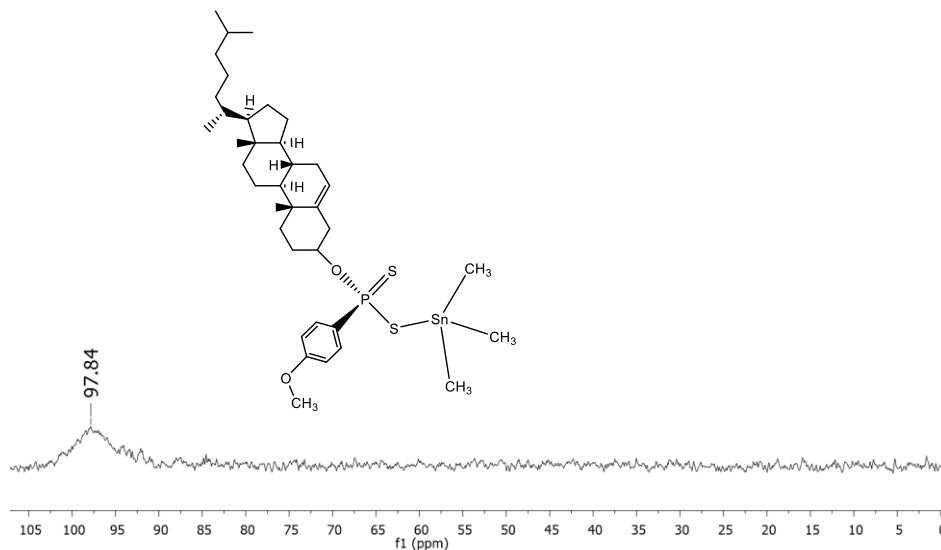




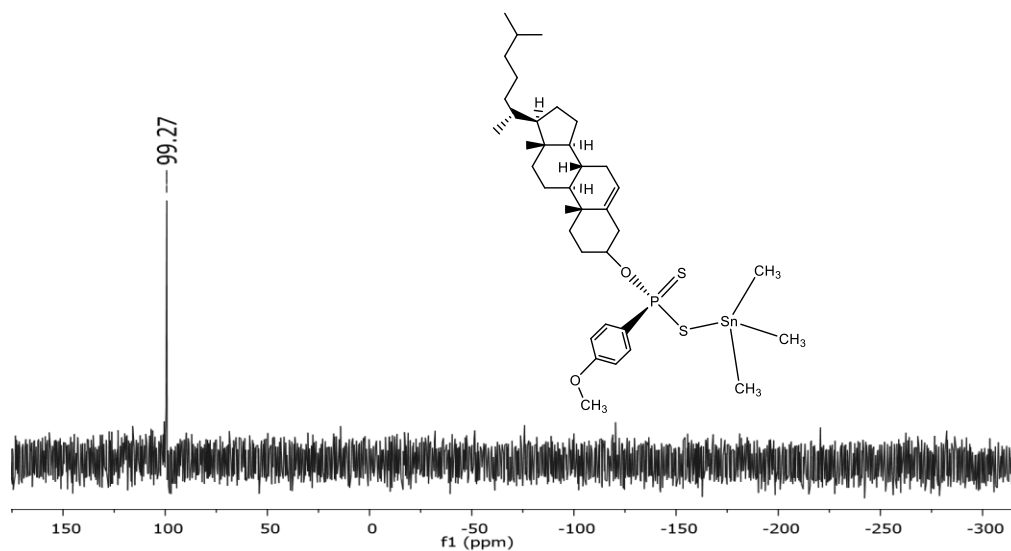
*Espectro de RMN  $^1\text{H}$  DEL COMPUESTO 1B en  $\text{CDCl}_3$*



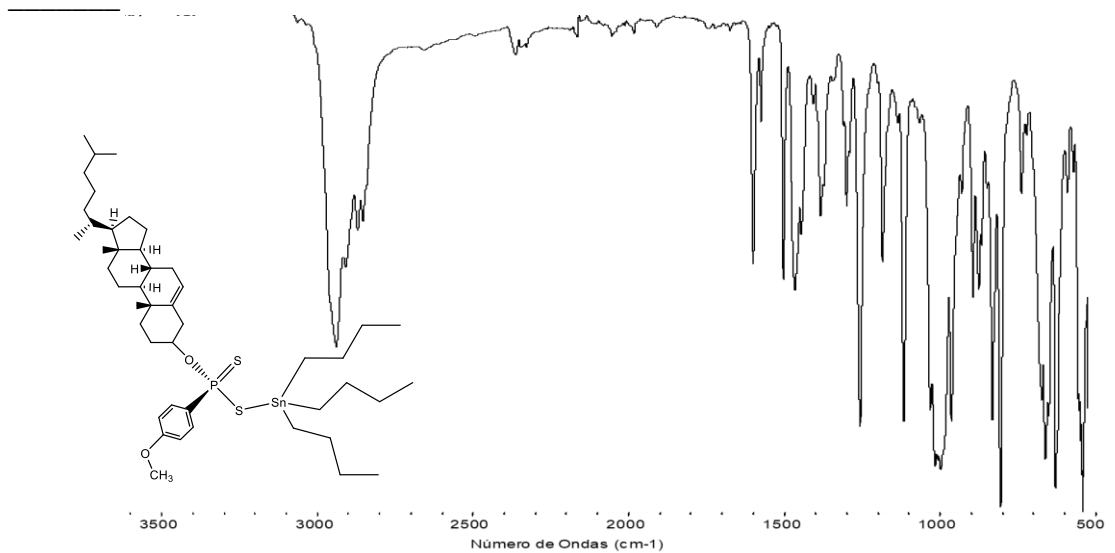
Espectro de RMN  $^{13}\text{C}$  DEL COMPUESTO 1B EN  $\text{CDCl}_3$



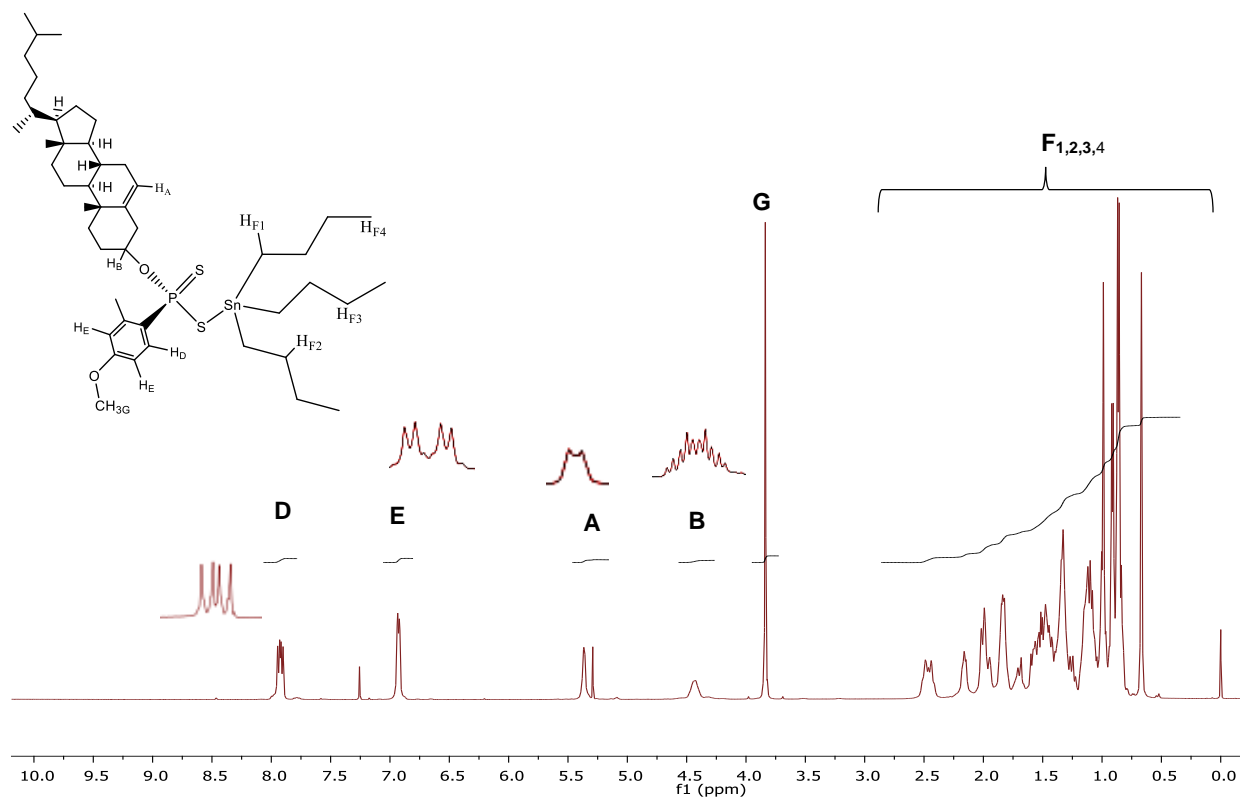
Espectro de RMN  $^{31}\text{P}$  DEL COMPUESTO 1B EN  $\text{CDCl}_3$



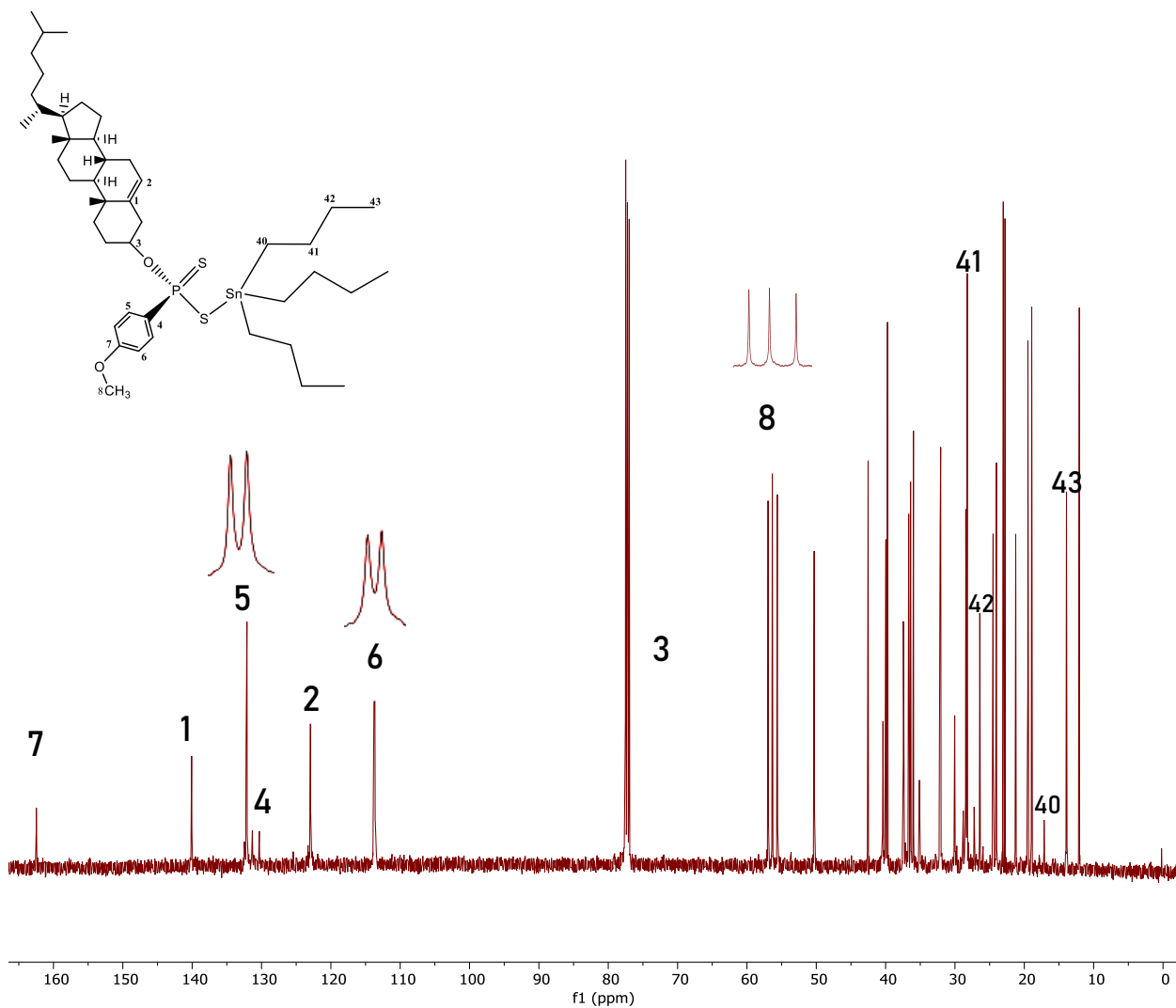
*Espectro de RMN de  $^{119}\text{Sn}$  DEL COMPUESTO 1B EN  $\text{CDCl}_3$*



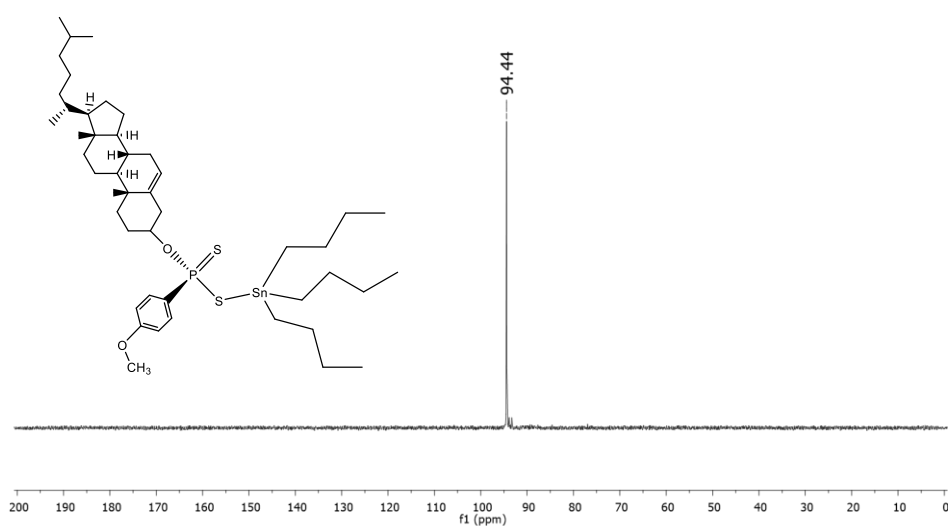
*Espectro de infrarrojo del compuesto 1C.*



Espectro de RMN  $^1\text{H}$  DEL COMPUESTO 1C en  $\text{CDCl}_3$

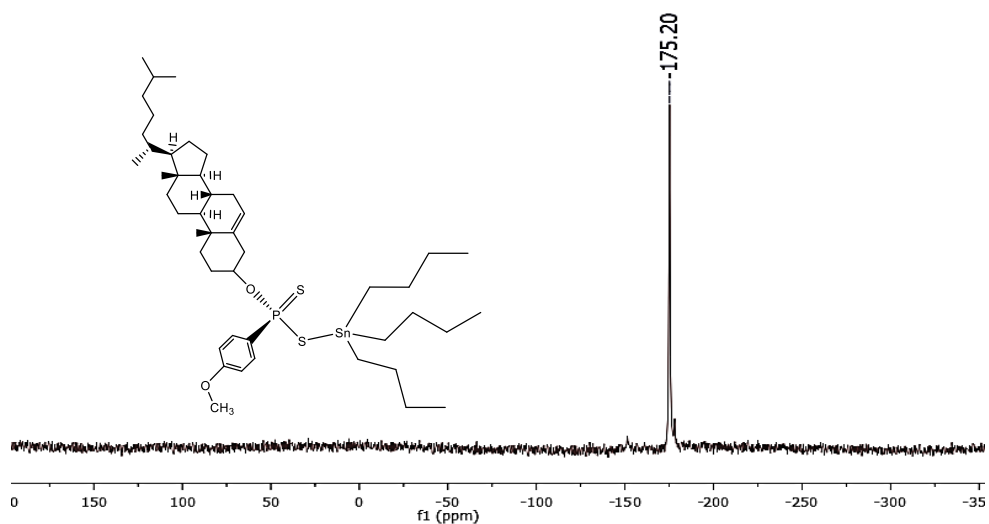


*Espectro de RMN <sup>13</sup>C DEL COMPUESTO 1C EN CDCl<sub>3</sub>*

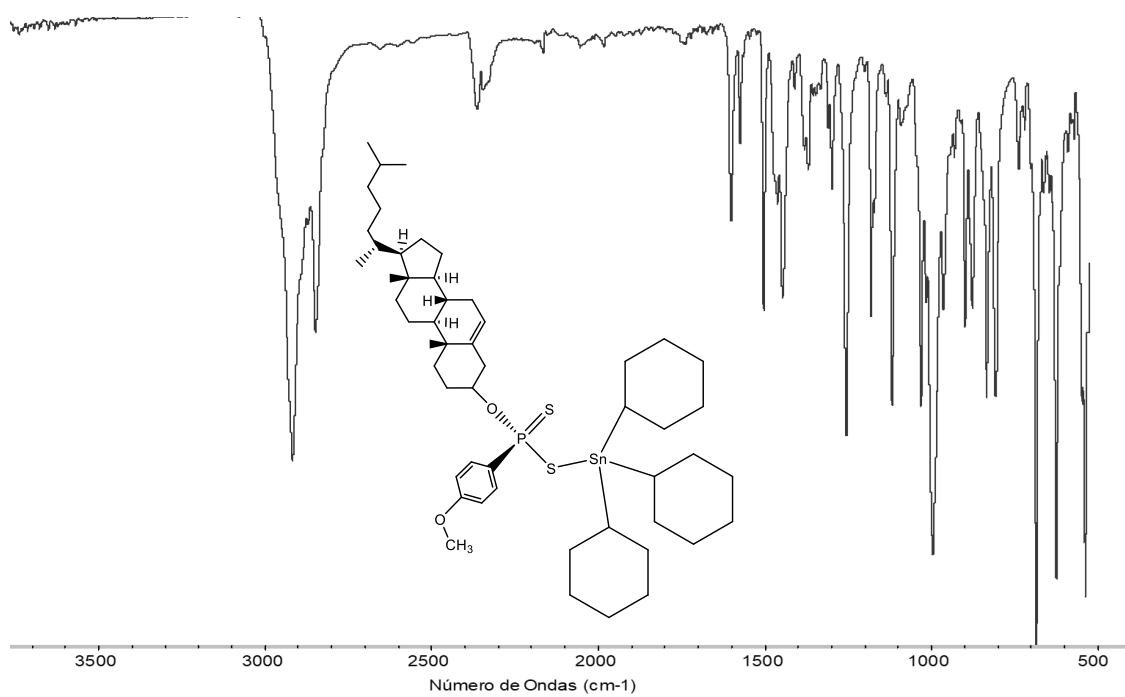


*Espectro de RMN <sup>31</sup>P DEL COMPUESTO 1C EN CDCl<sub>3</sub>*

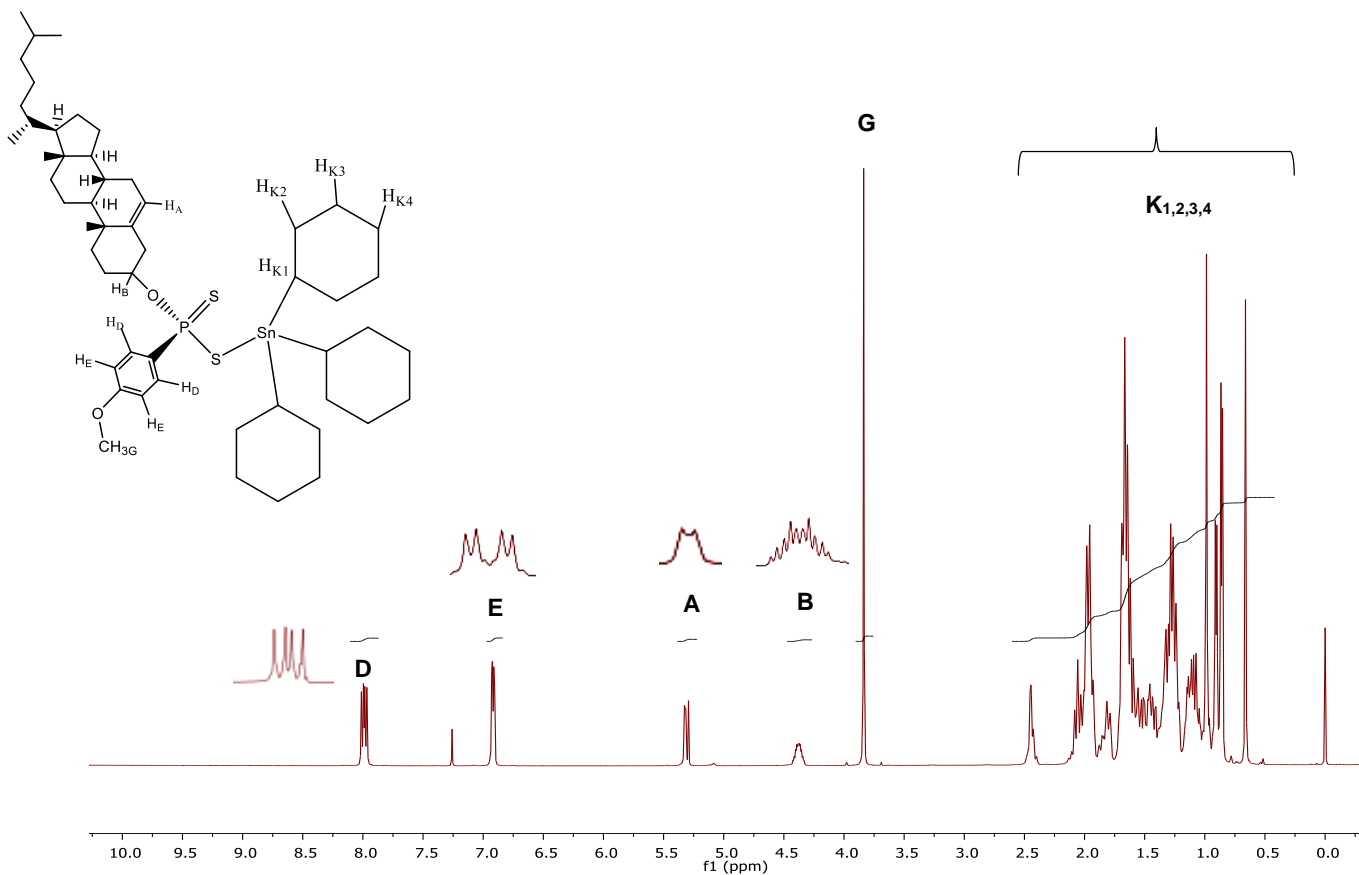




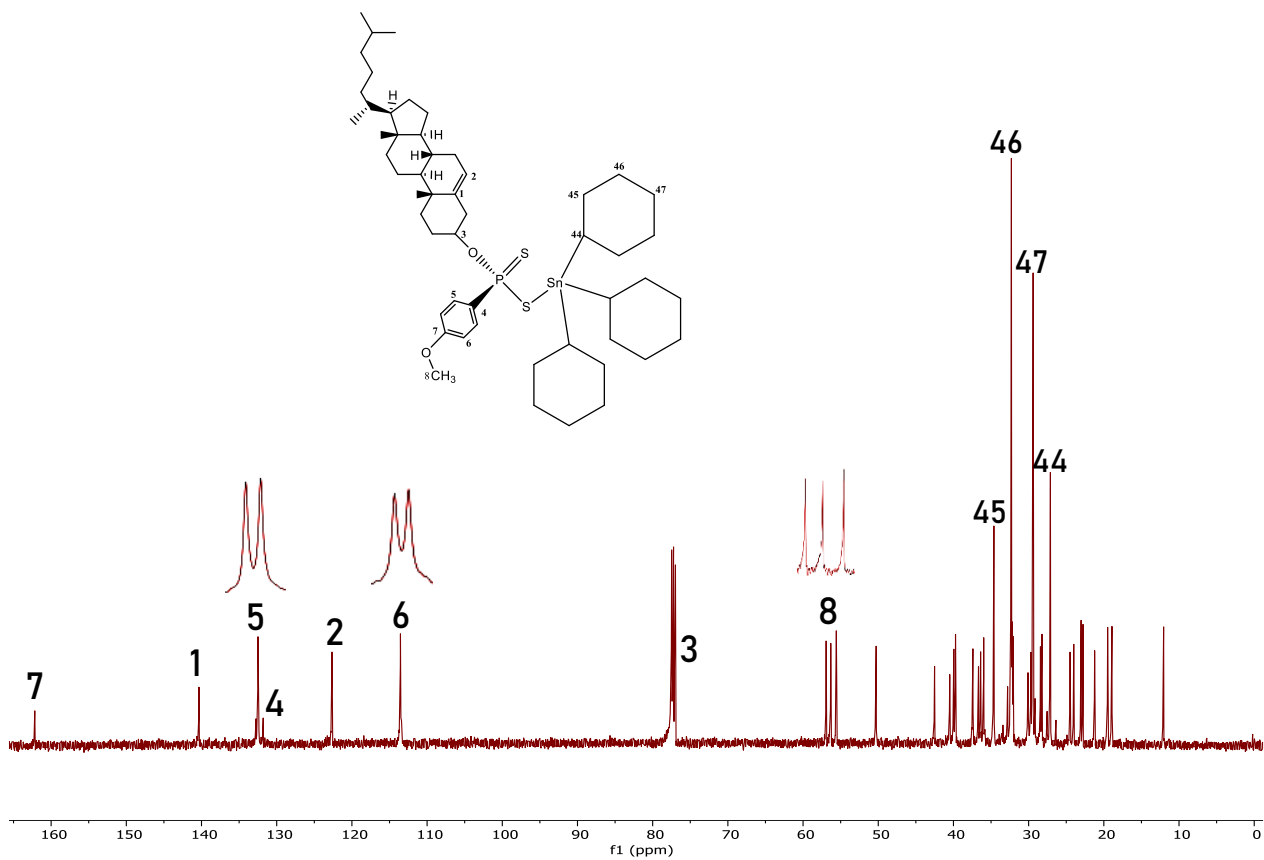
*Espectro de RMN de  $^{119}\text{Sn}$  DEL COMPUESTO 1C EN  $\text{CDCl}_3$*



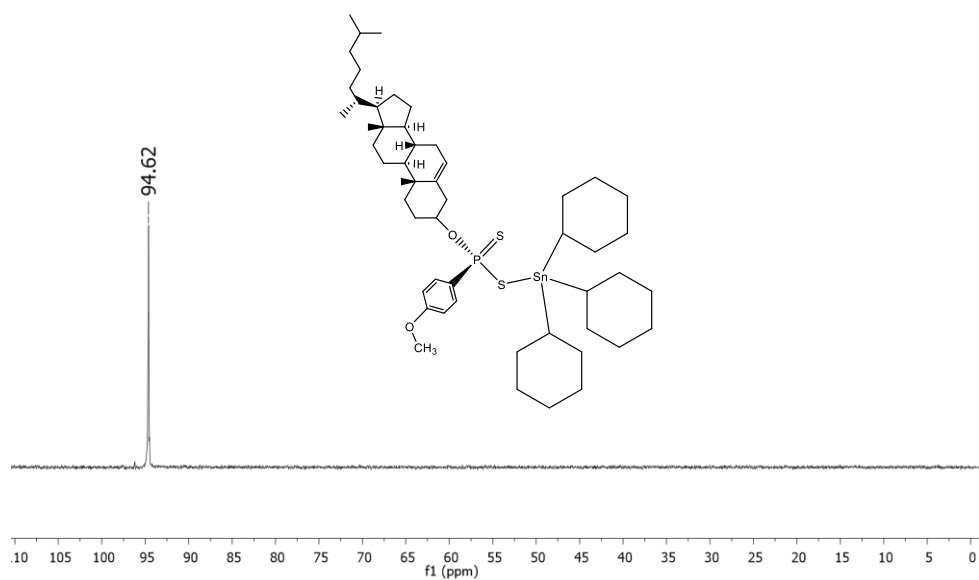
*Espectro de infrarrojo del compuesto 1D.*



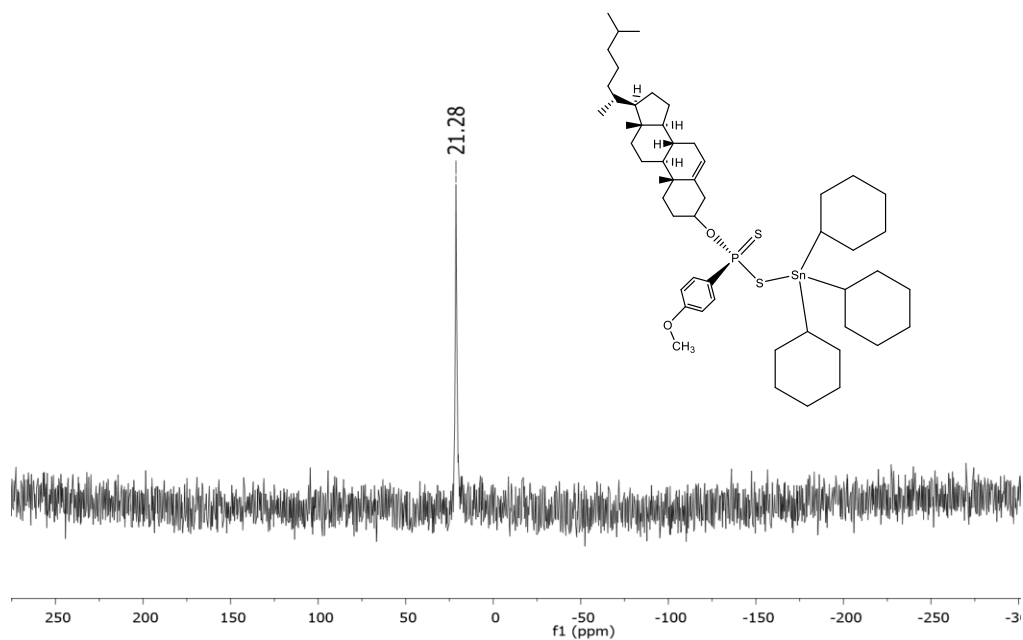
*Espectro de RMN <sup>1</sup>H DEL COMPUESTO 1D en CDCl<sub>3</sub>*



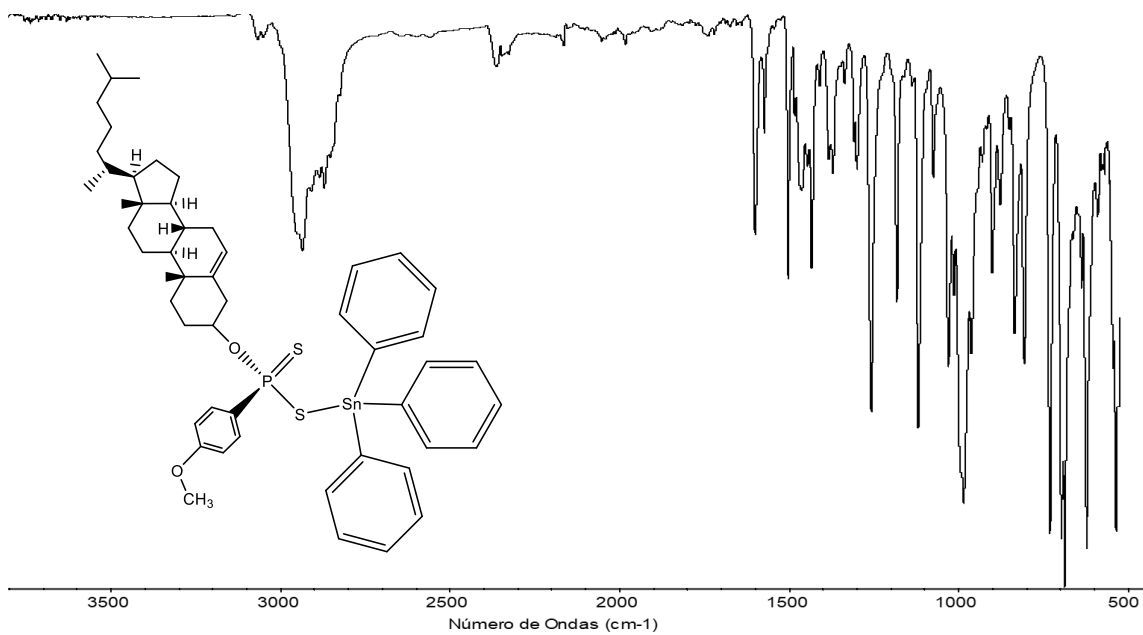
*Espectro de RMN <sup>13</sup>C DEL COMPUESTO 1D EN CDCl<sub>3</sub>*



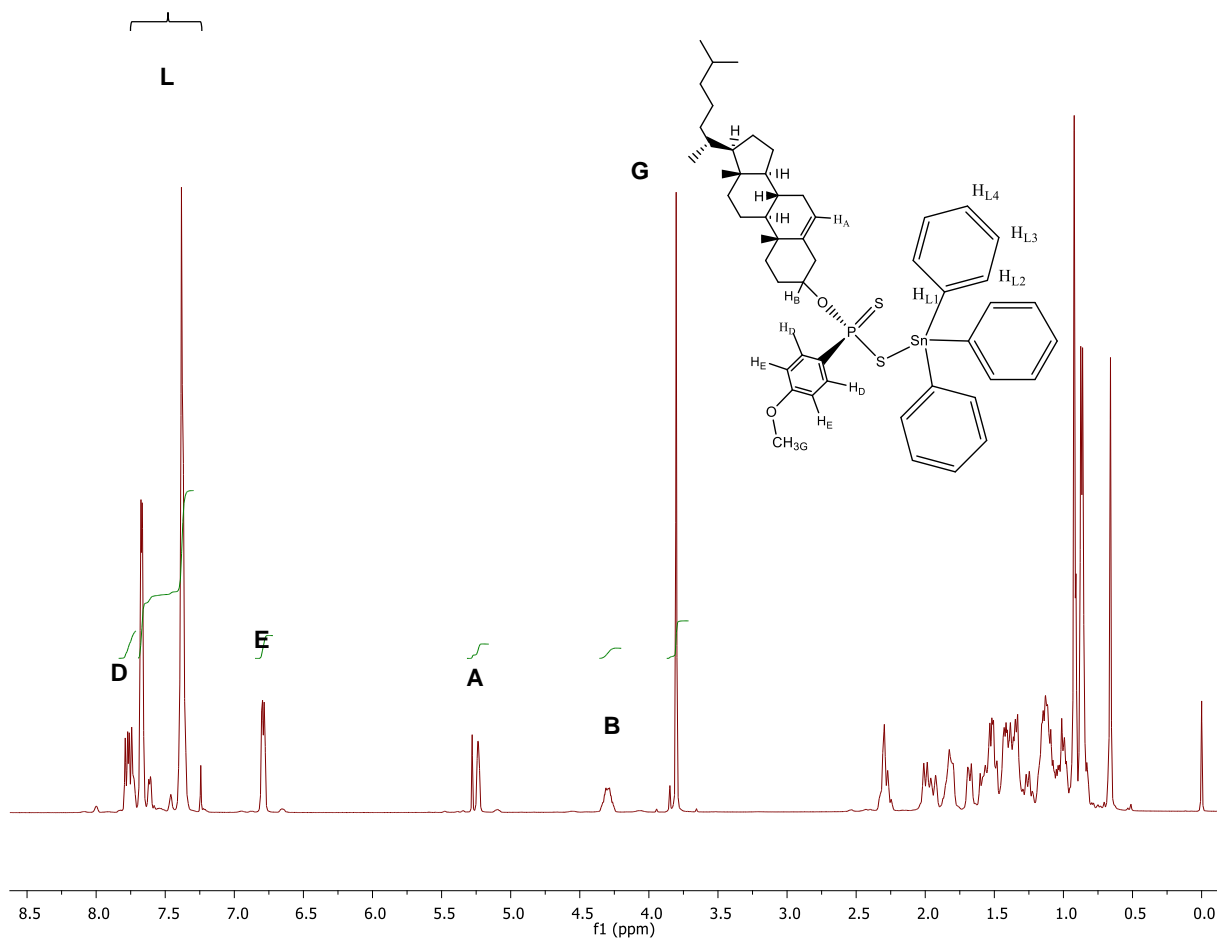
*Espectro de RMN <sup>31</sup>P DEL COMPUESTO 1D EN CDCl<sub>3</sub>*



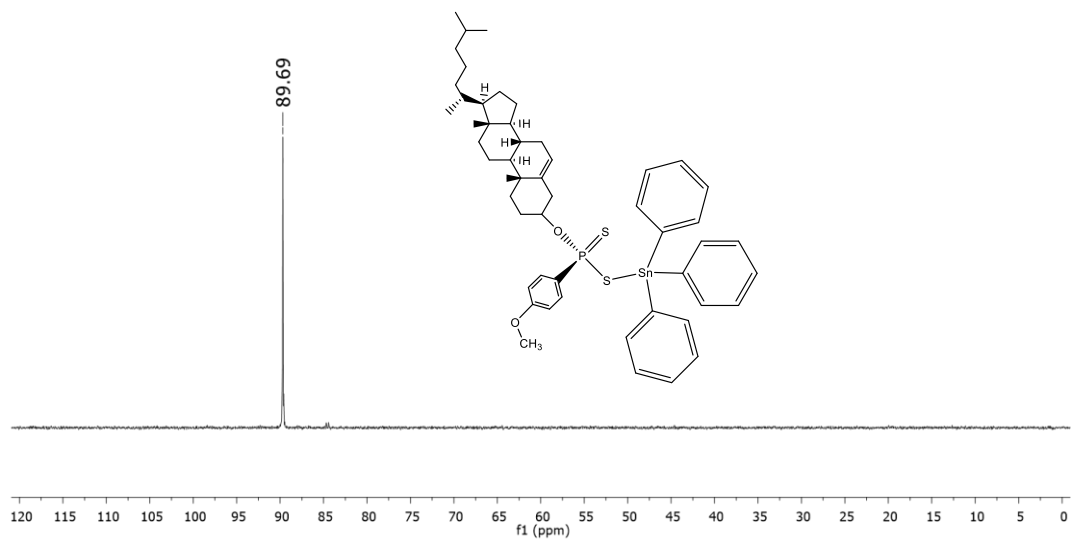
*Espectro de RMN de <sup>119</sup>Sn DEL COMPUESTO 1D EN CDCl<sub>3</sub>*



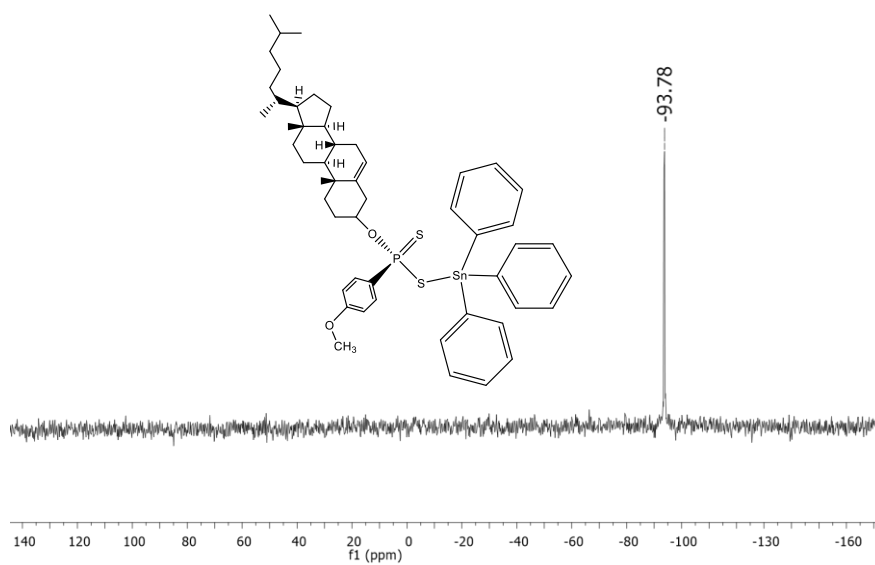
*Espectro de infrarrojo del compuesto 1E.*







*Espectro de RMN  $^{31}\text{P}$  DEL COMPUESTO 1E EN  $\text{CDCl}_3$*



*Espectro de RMN de  $^{119}\text{Sn}$  DEL COMPUESTO 1E EN  $\text{CDCl}_3$*



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias  
Químicas e Ingeniería

**DRA. ELIA MARCELA LÓPEZ CARDOSO**  
**DRA. DIANA GABRIELA VARGAS PINEDA**  
**DRA. PERLA PATRICIA ROMÁN BRAVO**  
**DR. RAYMUNDO CEA OLIVARES**  
**MTRA. MARÍA DEL CARMEN PÉREZ REDONDO**  
**P R E S E N T E**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA**

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT  
SGI certificado en la norma ISO 9001:2015 e ISO 21001:2018

**FORMAT-4A**  
**NOMBRAMIENTO COMITÉ REVISOR**

Cuernavaca, Mor., a **26 de octubre de 2023**

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de **TESIS** titulada:

**CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE COMPLEJOS DE TRIORGANOESTAÑO (IV) UTILIZANDO UN LIGANTE DITIOFOSFONATO CON UNA MOLÉCULA BIOLÓGICAMENTE ACTIVA (COLESTEROL)**

Que presenta el **C. LUIS FERNANDO CARVAJAL ROMÁN**

Dirigido por: **DRA. DIANA GABRIELA VARGAS PINEDA**. Co-Dirigido por: **DR. RAYMUNDO CEA OLIVARES**

Del programa educativo de: **QUÍMICO INDUSTRIAL** de la **FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA**. Para obtener el grado académico de: **LICENCIATURA EN QUÍMICO INDUSTRIAL**

**ATENTAMENTE**  
*Por una humanidad culta*  
*Se anexa firma electrónica*  
**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA**

**D I C T A M E N**

**DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA DE LA FCQeI**  
**P R E S E N T E**

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que nuestro voto es:

<b>VOTO</b>	<b>NOMBRE</b>
APROBATORIO	<b>DRA. ELIA MARCELA LÓPEZ CARDOSO</b>
APROBATORIO	<b>DRA. DIANA GABRIELA VARGAS PINEDA</b>
APROBATORIO	<b>DRA. PERLA PATRICIA ROMÁN BRAVO</b>
APROBATORIO	<b>DR. RAYMUNDO CEA OLIVARES</b>
APROBATORIO	<b>MTRA. MARÍA DEL CARMEN PÉREZ REDONDO</b>

**Se anexan firmas electrónicas de cada revisor, en las cuáles se incluye la fecha y hora que se ha emitido el voto aprobatorio.**

Av. Universidad 1001 Col Chamilpa Cuernavaca Morelos, México, 62209  
Tel. (777) 329 7000, Ext. 7039fcqei@uaem.mx



*Una universidad de excelencia*

**RECTORÍA**  
**2017-2023**

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ** | Fecha:2023-10-30 23:58:18 | Firmante

g0v dkTYf +WRF/njD/1X34PMh261JalP1y sOGcen9XNgcRPxUSO5wQSUukplSe5JfRPhMq1y 9cNN34jGz1RcHwZbBdAxY dAdl67y UFDLjreob5Ww92SA/cIGxNzw1 PM6H NSf9oG 6AshpnkFGE4AXP11WzAqRAmDY CkQr3xwLsHhF9jCLg895s38driMUAbwLim8ctFXBZmv o+c8j6yCVtkMi/m4s+w9UdlrAfx1kCaFpy +Ro+asatuglRFKHQKAKVV0ZHmGLq8V0YD A0PW4Qr9Rmh9dNOONo13F83Rc194bZv kMlpdS5BQpOnPHPMOSm4Z+wH6oM/8JQ+A3obfWtxg==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

[mpfLFzSad](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/dfjQXLYGUJBWwgxG4TunZb4w7VLKV8C6>



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**DIANA GABRIELA VARGAS PINEDA | Fecha:2023-10-31 10:49:07 | Firmante**

tDXYt5xQE009VTOu3ryE2MI+f6UMYDNscpteRmd/EVc7Nh8WNP8ulabUk05OVTVOkc/V3hbGoi+GYUISOgsDG8llELEBF6f4Nl/r99F2DcPZSwfTQ0TZxDPE8zQOQAIDbc+fkK/IgZocMeeSjUV5DcGiwUjYy/+c2T5NvIA3xS90/6ANhK8cx2Ob4ge9yMjTdGaoTIZE7wrplbHlbs0ndnk53qPmXtrChnBJANz0SxaxZD9ZzisBHDg0wLiGEBHCjittmcfSLM8K/dtg/vtFqFLEIjPrGrV8gIc81OUBTND6vq2LFLIUvmyuVasKV5Ug2MFO2m0YEEdkN+Ym3Lwg==

**PERLA PATRICIA ROMAN BRAVO | Fecha:2023-10-31 12:30:23 | Firmante**

cPnXDUSEx/7AFQnENokEKG+CnVa6yPmyWRNalEi7LZt6YTai2f52blwGfnV8GZ25jclzq9wqt5PJBscs+wR7IAF4RIG5wd1WLjibB41mhq9YlhbMuNinA4mkw7Oy9iKK+Q0hIGam0byeCQutQgoizDy uChFTNjUpGtBAnPY0KazM5JPpoH8EsCu35VK6eKW1ezLV4dfYjI5n+878q10WRmLrjesMX6wewIFydnbJUQ7oEICSQqrops7oFXBTTF87bLOJGlbh0AGcAxklkAuJABZj/czqNeyH4PFDRbuEZ3pJ4lyzLmV+4ejgm4gb1a7NldvdfwCrgtThdxQ==

**RAYMUNDO CEA OLIVARES | Fecha:2023-10-31 13:26:32 | Firmante**

muMvDIWw7TS67U9kQNB2NyymtPnxG8aQXPnLZFaEC5ZmfWsgDtkAo7jVEIOI23e395xEauYWDQI08NkpZhqllawGw5ZUfxEGTHbEeFB8AhYMDWgj5r1+1FLr5luGpb94tqBfFvheOeQsY0Vi9mBrnsSsmXtpPjme5hj1k2m8APpbhjGCV6Nf/ldt4HvIWxgpPnYsV/Ktxaj7nsxUWHlvzIBCfChdb+pE/NbZwHKIMo09ouZF3jUwDYZtaJLVDEFJOTT9dbotdGKk3plxzBz3CNydgK6mRJ4IEkp8Zrb9c122CrqUKNndLY4e9mr5ISW0gfg4AvDbn6+hnP6KHA==

**ELIA MARCELA LOPEZ CARDOSO | Fecha:2023-10-31 14:30:02 | Firmante**

bb03dCTfVsiW1yBEFLTg33R0Yk43nRxphBiemvMHkN9QGT4f7LmC5kdYiB3tvzUvs+0MnBoVuoXKGS6bQHe1hVeSa9JDULKfyC6q2t8ImuVbGhfYdC4bDfPXfMfHV/UK11WA8sTxq0dJ3NdatjeXuvqndimon7TALdhDWRTwWF68EmQeRptAA5+TW6dlQy7Ts0ye1DtkwjC0dshIho39TxbGq486DQfOJv9LzsrzQZ7zRh0ivIkAse0X/dgFH9pcitEVmmF/UgWofEcHocg0t8Dt0leV/RmIP45ZU6yqR3haDXkzycQF3MwDjmlV00U21x4V0F02eparxYhGA==

**MARIA DEL CARMEN PEREZ REDONDO | Fecha:2023-11-07 15:18:22 | Firmante**

M14HxPU7Uw7IG8PqKw/4mgUYIm+eRM2N0t0BKwf8HbNbcWYJrsBCsYXoANLj8aDhluF/9hRtvgkrVSeghRkBsZCcsnDYkuT4zBAL+TgG9JvI0sRuFl+HYKX/BWI47Ti4aRrWV85tF5JrjW1ZvCVZj8m9473M74PvpTPlxmJIP/P/aDV6p01QNmRPSdpZ0K+wA6nMwp5CQfjCawLkf8G09nrf5klr0wh2h1H1AF7pdxYWXWYs4/0LE2XeYP4wt90Latx87+ZGHZ8Z1Y1gS2ur+nUgGal2eVYwKq2/ekY/frCsel29lWhzTak97k1VZAhh4Rv3QsDh6ghwhWcu/Kg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



ZJOKs51rt

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/8fImpCbqeSazESUnk7qwusOquPvyu3qc>

