



TÓPICOS SELECTOS de CIENCIAS QUÍMICAS

Coordinador Leobardo Manuel **Gómez Oliván**



TÓPICOS SELECTOS
de CIENCIAS
QUÍMICAS



**Universidad Autónoma
del Estado de México**

Dr. en Ed. Alfredo Barrera Baca
Rector

Dr. en C.I. Amb. Carlos Eduardo Barrera Díaz
Secretario de Investigación y Estudios Avanzados

Dr. en C. Erick Cuevas Yañez
Director de la Facultad de Química

Mtra. en Admón. Susana García Hernández
*Directora de Difusión y Promoción de la Investigación
y los Estudios Avanzados*

TÓPICOS SELECTOS **de CIENCIAS** **QUÍMICAS**

Leobardo Manuel Gómez Oliván
Coordinador



**Universidad Autónoma
del Estado de México**

TÓPICOS SELECTOS de CIENCIAS QUÍMICAS

2a edición impresa, abril 2018
1a edición para Internet, abril 2018

ISBN: 978-607-422-928-8
ISBN versión digital: 978-607-422-929-5

D. R. © Universidad Autónoma del Estado de México
Instituto Literario núm. 100 ote.
Centro, C.P. 50000,
Toluca, Estado de México
<http://www.uaemex.mx>

Este libro cuenta con el aval de dos pares externos.

El contenido de esta publicación es responsabilidad de los autores.

En cumplimiento del Reglamento de Acceso Abierto de la Universidad Autónoma del Estado de México, la versión digital de esta obra se pone a disposición del público en el repositorio de la UAEM (<http://ri.uaemex.mx>) para su uso en línea con fines académicos y no de lucro, por lo que se prohíbe la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de esta presentación impresa sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de lo así previsto por la *Ley Federal del Derecho de Autor* y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

Impreso y hecho en México

Índice

Prólogo.....	11
I. Comparación de tratamientos electroquímicos en la remoción de fenol.....	13
Rosalinda Marín Nava, Gabriela Roa Morales, Reyna Natividad Rangel, Jaime Espino Valencia y Rubí Romero Romero	
II. Configuraciones alternas de un reactor con intercambio de calor y membranas por simulación	39
Ángel Bautista Delgado, Armando Ramírez Serrano, Rubí Romero Romero y César Pérez Alonso	
III. Estudio económico de una columna de absorción para la captura de CO ₂ emitido en una planta termoeléctrica.....	59
Vidal Morales Mercado, Rosa Hilda Chávez Torres, Rubí Romero Romero y Reyna Natividad Rangel	
IV. Preparación de catalizadores heterogéneos de sodio soportados en zeolita NaX para la obtención de biodiesel	81
Sandra Luz Martínez Vargas, Rubí Romero Romero, Reyna Natividad Rangel y Víctor Sánchez Mendieta	
V. Recubrimiento de monolitos con LaMnO ₃ /γ-Al ₂ O ₃	101
María del Carmen Zepeda Mondragón, Reyna Natividad Rangel, Ramón Montiel López, Armando Ramírez Serrano, Rosa María Gómez Espinosa	
VI. Estabilidad térmica oxidativa de un sistema nutracéutico incorporando aceite esencial de chía (<i>Salvia hispanica</i> L.) y ácido ascórbico en emulsiones dobles.....	121
Héctor Carrillo Navas, Julián Cruz Olivares, Juan Orozco Villafuerte, Eleazar Aguirre Mandujano y César Pérez Alonso	
VII. Purificación de un antígeno recombinante de hepatitis E expresado en <i>Hansenula polymorpha</i>	139
Abraham Álvarez García, Jorge Javier Ramírez García y Néstor Octavio Pérez	

VIII. Estrés oxidativo producido por antiinflamatorios no esteroideos sobre el bioindicador <i>Hyalella azteca</i>	181
Leobardo Manuel Gómez Oliván, Marcela Galar Martínez, Nadia Neri Cruz, Hariz Islas Flores, Arturo Colín Cruz, Patricia Vieyra Reyes, Nely San Juan Reyes, Octavio Dublán García y Leticia Xóchitl López Martínez	
IX. Evaluación de la utilización de herceptin® (Traztuzumab) como tratamiento adyuvante de cáncer de mama tipo HER2 en el Centro Oncológico Estatal del ISSEMYM.....	213
Gerardo Daniel Miranda Mendoza, Leobardo Manuel Gómez Oliván, Marcela Galar Martínez, Paula Anel Cabrera Galeana, Patricia Vieyra Reyes, Octavio Dublán García y Leticia Xóchitl López Martínez	
X. IMC, niveles de adiponectina E IL-6 como factores interrelacionados en la carcinogénesis mamaria, implicación de la vía de señalización de leptina y adiponectina en la respuesta al tratamiento.....	245
Jonnathan Guadalupe Santillán Benítez, Juan Juventino Torres Juárez, Hugo Mendieta Zerón y Leobardo Manuel Gómez Oliván	
XI. Farmacología de la nicotina y sus efectos en el sistema nervioso central.....	265
Patricia Vieyra Reyes, Clementina Jiménez Garcés, Margarita Hernández González y Leobardo Manuel Gómez Oliván	
XII. Actividad antioxidante <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> del extracto acuoso de pèrsimo (<i>Diospyros kaki</i> L.), maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> var Sims) y flor de jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.).....	295
Tania Andrómeda Romero Herrera y María Dolores Hernández Navarro	
XIII. Cinética del daño al DNA por la incorporación del radiofármaco ^{99m} Tc-N ₂ S ₂ -TAT (49-57) Lys3-BN empleando el ensayo cometa en linfocitos humanos.....	313
Myrna Alejandra Luna Gutiérrez, Julieta Castillo Cadena, Guillermina Ferro Flores y Rafael Valencia Quintana	

- XIV. Polimorfismos de la glutatión S-transferasa GSTM1 y GSTT1 en leucemia aguda y la respuesta al tratamiento, utilidad del meta-análisis..... 335
Jonnathan Guadalupe Santillán Benítez y Julieta Castillo Cadena
- XV. Estudio de la reactividad de hidruros de aluminio estéricamente protegidos con moléculas pequeñas insaturadas..... 361
Mónica Mercedes Moya Cabrera, Vojtěch Jančík, Rosa María Gómez Espinosa y Telésforo Jesús Morales Juárez
- XVI. Formación y estructura cristalina de dos diferentes compuestos a partir de la sulfonación de trifenilestibina..... 381
Rosa María Gómez Espinosa, Iván García Orozco, Marisol Reyes Lezama, Fernando Cortés Guzmán, Mónica Mercedes Moya Cabrera, Vojtěch Jančík y Telesforo Jesús Morales Juárez
- XVII. Síntesis de un análogo de AZT, un compuesto anti-HIV 397
Davir González Calderón, Carlos Augusto González González, Aydeé Fuentes Benítes, Erick Cuevas Yáñez, David Corona Becerril y Carlos González Romero
- XVIII. Uso de la reacción de Heck en la síntesis de compuestos orgánicos mediada por microondas..... 415
Ana María Llaguno Rueda, Erick Cuevas Yáñez, Aydeé Fuentes Benites, Carlos González Romero y David Corona Becerril

Capítulo XVI

Formación y estructura cristalina de dos diferentes compuestos a partir de la sulfonación de trifenilestibina

Rosa María Gómez Espinosa¹ *
Iván García Orozco¹
Marisol Reyes Lezama¹
Fernando Cortes Guzmán¹
Mónica Mercedes Moya Cabrera¹ **
Vojtěch Jančík¹
Telésforo Jesús Morales Juárez²

1. Introducción

Las transformaciones orgánicas catalizadas por metales de transición en medio acuoso han incrementado su importancia debido a la naturaleza y bajo costo que presenta el agua como disolvente, asimismo los complejos de metales de transición solubles en agua pueden ser utilizados como modelos para sistemas biológicos (Lippert, 1999). Se han realizado muchos trabajos relacionados con el desarrollo de ligantes hidrofílicos, los cuales pueden ser capaces de coordinarse con algunos metales de transición, estratégicos para ser utilizados como precursores catalíticos en solución, aplicados a reacciones donde un alqueno es el sustrato. Tal es el caso de las reacciones de hidroformilación (Deshpande *et al.*, 1996); hidrogenación (James, 1973); alquilación (Amatore *et al.*, 1995); sustitución alílica (dos Santos *et al.*, 1998); isomerización (Henry, 1973); y carbonilación (Kiji *et al.*, 1988), etc.

En los últimos años ha sido de considerable interés la catálisis homogénea en fase acuosa con metales de transición (Kuntz, 1987). Los ligantes frecuentemente utilizados para este tipo de reacciones son triarilfosfinas funcionalizadas con grupos hidrosolubles (Kuntz, 1987; Bonaplata *et al.*, 1995; Cornils *et al.*, 1995; XiaoZhong *et al.*, 2003; Kalck y Monteil, 1992). Las triarilfosfinas son buenos donadores σ que estabilizan al complejo metálico. Sin embargo, reportes recientes han mostrado que las estibinas, también funcionan como buenos ligantes en los procesos ya mencionados (Sharma *et al.*, 1999; Gómez *et al.*, 2001; Cabrera *et al.*, 2004). Las fosfinas sulfonadas son eficientes ligantes en la reacción de hidroformilación (Deshpande *et al.*, 1996), los grupos sulfónicos y sus sales proveen

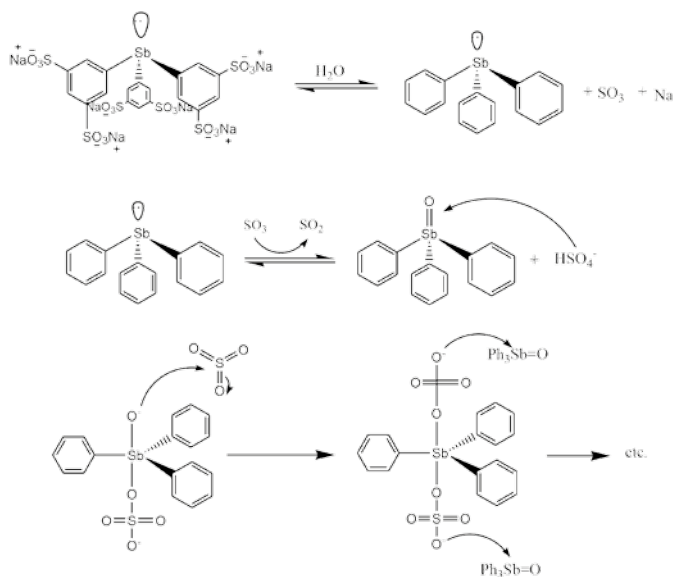
un alto grado de solubilidad en agua y ofrecen ventajas inherentes al proceso.

Dado lo anterior, resultó muy interesante el tratar de sintetizar ligantes sulfonados a base de antimonio, los cuales podrían ser utilizados como ligantes hidrosolubles; además de probar su reactividad en la reacción de amidocarbonilación. En dicha reacción se ha comprobado que los ligantes estibínicos son más selectivos y dan mejores resultados que las fosfinas correspondientes (Gómez *et al.*, 2001; Cabrera *et al.*, 2004).

2. Parte experimental

En un matraz Erlenmeyer de 50 mL se colocó trifenilstibina (1 g) en tetracloruro de carbono (0.5 mL). Se adicionó ácido sulfúrico fumante (33 % de SO_3 libre) (1 mL) controlando la temperatura (menor a 40°C) en agitación constantemente durante 45 minutos. Posteriormente se adiciono agua fría, formando un sólido blanco, que se filtró al vacío. El sólido formado se neutralizó con una solución de NaOH al 50%. Finalmente, se filtró, obteniéndose un sólido blanco, el cual se disolvió en metanol para su posterior recrystalización.

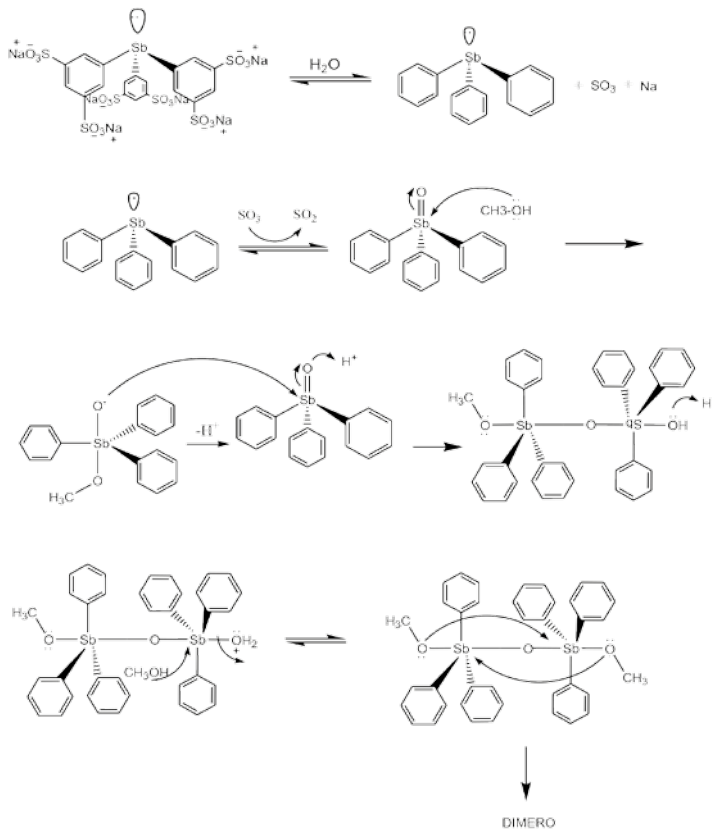
Esquema 1. Propuesta mecanística del polímero de poli[[μ -oxo-bis(trifenilstibina)]- μ -sulfato-O,O'] (1)



3. Resultados

La reacción de trifenilestibina, bajo condiciones de sulfonación (Kuntz, 1987), proporcionó un sólido blanco, el cual se cristalizó de metanol. Este proceso dio dos diferentes productos, los cuales fueron identificados por rayos X: el obtenido al cristalizar a temperatura ambiente presentó una estructura polimérica poli[[μ -oxo-bis-(trifenilantimonio)]- μ -sulfato-O,O'] (1) y el otro compuesto, obtenido a baja temperatura fue el dímero bis-[(μ -metoxi)-(μ -oxo)-bis-(trifenilantimonio(V))] (2). Conociendo el carácter oxidante del trióxido de azufre, se propone los siguientes mecanismos de reacción para la formación de las estructuras 1 y 2 (esquemas 1 y 2).

Esquema 2. Propuesta mecanística del dímero de bis[(μ -metoxi)-(μ -oxo)-bis-(trifenilantimonio(V))] (2)



4. Estudios de difracción de rayos X

Los compuestos 1 y 2 se obtuvieron como cristales incoloros que se montaron en una fibra de vidrio y fueron analizados a temperatura ambiente en un Difractómetro Siemens P4/PC equipado con radiación de Mo ($K\alpha = 0.7107 \text{ \AA}$) o Cu ($K\alpha = 1.5418 \text{ \AA}$). El decaimiento se consideró insignificante en ambas muestras. Los datos más importantes de los análisis se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Datos cristalinos y detalles de refinación de los compuestos 1 y 2

	Compuesto 2	Compuesto 1
Formula	C41 H46 O5 Sb2	C36 H31 O5.5 S Sb2
FW	862.28	827.17
Sistema Cristalino	Ortorrómbico	Monoclínico
Grupo espacial	P n m a	P 21/c
Temp, K	293	298
λ , \AA	0.71073	1.54178
a, \AA	10.972(1)	12.251(2)
b, \AA	20.919(3)	14.849(1)
c, \AA	16.637(2)	18.140(1)
α , grados	90.0	90
β , grados	90.0	101.88
γ , grados	90.0	90
V, \AA^3	3818.58	3229.26
Z	4	4
F(000)	1698	1636
Tamaño del cristal, mm^3	0.006	0.008
Rango de índices	-9 < h < 9	-8 < h < 8
	-9 < k < 9	-11 < k < 11
	-10 < l < 10	-15 < l < 15
No. reflns colectadas	4506	4542
No. reflns independientes (R_{int})	4506	4306

Continúa...

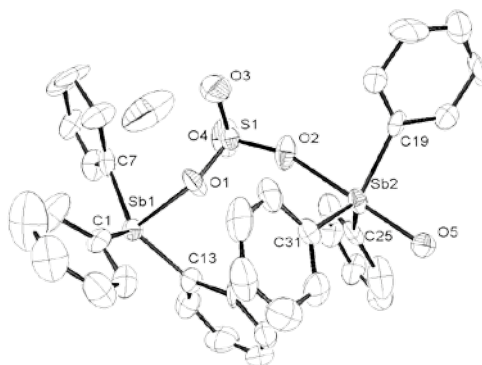
	Compuesto 2	Compuesto 1
No. datos / restricciones / parámetros	4506 / 0 / 225	4306 / 0 / 407
GoF on F^2	1.012	1.202

Las estructuras fueron resueltas por métodos directos. La refinación de la estructura anisotrópica fue llevada a cabo por técnicas matriciales de mínimos cuadrados para todos los átomos diferentes a hidrógeno. La solución de las estructuras y la refinación de las mismas se realizaron con el programa SHELXTL versión 6.10. La descripción de cada una de las estructuras se desarrollara a continuación de forma independiente.

4.1. Estructura cristalina del compuesto poli[[μ -oxo-bis(trifenilestibina)]- μ -sulfato-O,O'] (1)

La estructura del compuesto 1 se estableció completamente por los análisis de Difracción de rayos-X de monocristales obtenidos de la evaporación lenta de una solución metanólica del compuesto a temperatura baja (-20°C). La vista ORTEP del compuesto 1 se representa en la figura 1. Distancias y ángulos de enlace seleccionados se resumen en las tablas 2, 3 y 4.

Figura 1. Vista ORTEP de la estructura monomérica del polímero lineal 1. Los átomos de hidrógeno fueron omitidos para mayor claridad



La unidad básica del polímero es la estructura representada en la figura 1. En dicha estructura dos átomos pentacoordinados de antimonio están puenteados por una unidad sulfato y se enlazan a otra unidad monomérica a través de un puente oxo. El átomo de antimonio con un core SbC_3O_2 está ligeramente distorsionado de una geometría bipirámide trigonal. Los átomos de carbono aromáticos están localizados en las posiciones ecuatoriales de dicha geometría, mientras que los átomos de oxígeno están en las posiciones apicales. Las distancias de enlace Sb-C están en el rango de 2.08 a 2.14 Å. Los enlaces Sb-O son diferentes entre ellos. El valor del enlace Sb-O-Sb se encuentra alrededor de 1.95 a 1.99 Å, similar al enlace Sb-O de una estructura Sb_2O_3 (1.977 Å) reportada (Svensson, 1975). El enlace Sb-O-S es aproximadamente de 2.20 Å y es ligeramente más largo que el enlace Sb-O-Sb. Los ángulos de enlace C-Sb-C tienen valores de 131.1, 115.5 y 112.5° alrededor del átomo Sb1, mientras que para el átomo Sb2, dichos ángulos son de 123.3, 117.5 y 117.7°. Es importante resaltar que el ángulo C-Sb-C de mayor valor es aquel localizado del mismo lado del fragmento SO_4 . Los ángulos de enlace (Sb)O-Sb-O(S) tienen valores de 176.3 y 178.1° correspondientes a los centros Sb1 y Sb2, respectivamente. El ángulo de enlace O-Sb-O presenta una ligera distorsión de la geometría ideal de bipirámide trigonal, pero puede considerarse muy cercano a la linealidad. La geometría del fragmento SO_4 es muy cercana a la tetraédrica, por el valor de los ángulos alrededor del átomo de azufre. Las longitudes de enlace S-O tienen valores que están entre 1.44 - 1.51 Å, los cuales son más largos que los que presenta el antimonio (Sb1-O1 y Sb2-O2).

Tabla 2. Distancias (Å) y ángulos (°) de enlaces seleccionados de la estructura cristalina del compuesto 1

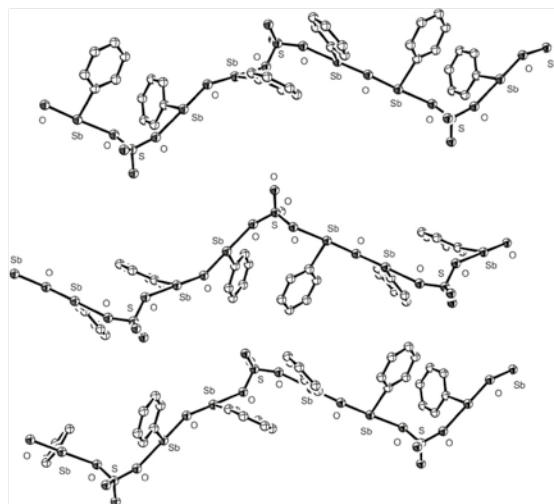
Enlace	Å	Ángulo	°	Ángulo	°
Sb1 O5	1.995(19)	O5 Sb1 C13	90.4(11)	C19 Sb2 C31	117.7(13)
Sb1 C13	2.08(3)	O5 Sb1 C7	90.9(10)	O5 Sb2 O2	178.1(9)
Sb1 C7	2.09(4)	C13 Sb1 C7	131.1(12)	C25 Sb2 O2	87.0(10)
Sb1 C1	2.14(3)	O5 Sb1 C1	99.4(10)	C19 Sb2 O2	84.9(10)
Sb1 O1	2.20(2)	C13 Sb1 C1	115.5(12)	C31 Sb2 O2	85.9(10)
Sb2 O5	1.95(2)	C7 Sb1 C1	112.5(12)	O4 S1 O3	115.2(17)

Continúa...

Enlace	Å	Ángulo	°	Ángulo	°
Sb2 C25	2.10(3)	O5 Sb1 O1	176.3(9)	O4 S1 O2	109.5(14)
Sb2 C19	2.11(3)	C13 Sb1 O1	86.6(11)	O3 S1 O2	108.7(14)
Sb2 C31	2.12(3)	C7 Sb1 O1	89.5(10)	O4 S1 O1	109.3(14)
Sb2 O2	2.22(2)	C1 Sb1 O1	83.8(10)	O3 S1 O1	106.9(16)
S1 O4	1.44(2)	O5 Sb2 C25	91.1(11)	O2 S1 O1	107.0(14)
S1 O3	1.45(3)	O5 Sb2 C19	95.6(10)	S1 O1 Sb1	133.2(13)
S1 O2	1.48(2)	C25 Sb2 C19	117.5(13)	S1 O2 Sb2	160.7(16)
S1 O1	1.51(2)	O5 Sb2 C31	95.5(11)	Sb2 O5 Sb1	144.3(12)
O5 Sb1	1.995(19)	C25 Sb2 C31	123.3(11)		

La estructura polimérica tiene una conformación zigzag que se evidencia por el análisis de los ángulos de enlaces S-O-Sb, los cuales tienen diferentes valores. El ángulo de enlace S1-O2-Sb2 presenta un carácter muy cercano a la geometría lineal (160.7°) mientras que el ángulo S1-O1-Sb1 tiene un valor más cercano a una geometría tetraédrica (133.2°), además de ser similar al valor del ángulo Sb2-O5-Sb1 (144.3°). Los átomos O1, Sb1, O5, Sb2 y O2 se encuentran entre planos que se intersectan en el centro O5. Los planos de este fragmento tienen un ángulo de torsión de 85.5° a lo largo de la cadena polimérica. Los grupos fenilos que contienen los átomos de carbono C13 y C25 presentan un empaquetamiento π entre ellos, propuesto a partir de las distancias presentadas entre los centroides de cada grupo fenilo (3.92 Å). El arreglo angular del plano que incluye los átomos O1-Sb1-O5-Sb2-O2 puede deberse a la simetría tetraédrica del fragmento SO₄ y al empaquetamiento π de los anillos aromáticos (figura 2). La estructura de la cadena polimérica tiene un arreglo periódico a través de toda la celda cristalina.

Figura 2. Vista de la cadena principal del polímero. Para mayor claridad, solo se muestran los grupos fenilos que presentan empaquetamiento- π

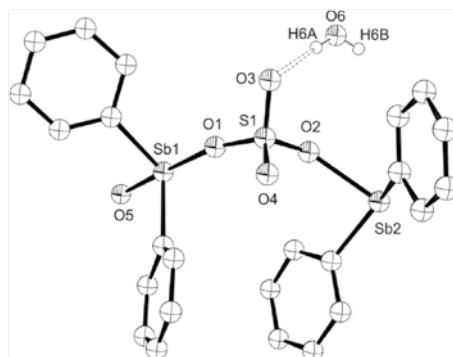


En la estructura cristalina se observa una molécula de agua de cristalización por cada unidad monomérica. Dicha molécula de agua presenta puente de hidrógeno con el átomo de oxígeno O3 (tabla 4 y figura 3).

Tabla 3. Distancias (Å) y ángulos (°) de enlace del puente de H con moléculas de agua, en la estructura cristalina del compuesto 1

	O...H	H-O	O...O	OHO ángulo
O6 H6A O3	0.86	2.00	2.85(9)	177.1

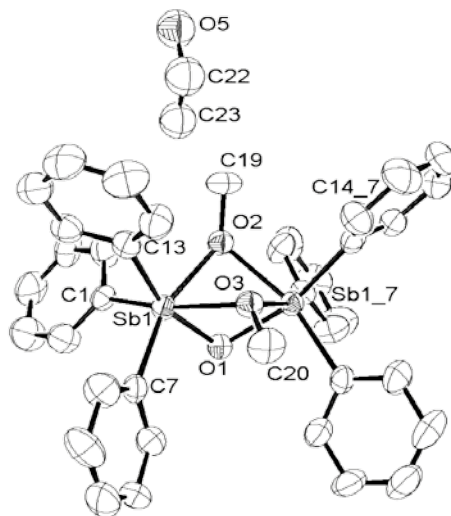
Figura 3. Puente de hidrógeno presente en el compuesto 1



4.2. Estructura cristalina del compuesto bis[(μ -metoxi)-(μ -oxo)-bis-(trifenilantimonio(V))] (2)

De manera similar al compuesto 1, la estructura del compuesto 2 fue establecida completamente por análisis de difracción de rayos-X de monocristal. Monocristales adecuados para difracción se obtuvieron a partir de la evaporación lenta de una solución etanólica de dicho compuesto a baja temperatura. La estructura del complejo, representada en su vista ORTEP, se muestra en la figura 4. Distancias y ángulos de enlace representativos se resumen en la tabla 4.

Figura 4. Representación ORTEP del compuesto 2. Los átomos de hidrógeno no están representados, para mayor claridad



Los análisis de Difracción de rayos-X del compuesto 2 muestran una estructura molecular con dos átomos de antimonio, cada uno de ellos hexacoordinado a tres átomos de carbono de anillos aromáticos que ocupan posiciones terminales y a tres átomos de oxígeno conformados por un puente oxo y dos puentes metoxilo entre ambos núcleos de antimonio. La distancia de enlace Sb-C tienen valores alrededor de 2.14 Å. Las distancias de enlace O-Sb son diferentes: aquellas que tienen al puente metoxilo tienen valores de 2.20 Å aproximadamente, mientras que la distancia O-Sb del puente oxo es ligeramente más corta que la primera (1.98 Å) y su valor es similar a la observada en la estructuras del tipo Sb_2O_3 (1.977

Å) (Svensson, 1974). El átomo de antimonio muestra una geometría octaédrica distorsionada principalmente por los ángulos de enlace O-Sb-O que contienen los puentes oxo y metoxi. De forma similar a lo descrito, los ángulos de enlace C-Sb-C presentan diferencias, dependiendo de su conformación: aquellos que están del mismo lado de los puentes metoxilo (99.20 y 99.08°) son ligeramente más cortos que el que se encuentra del mismo lado que el puente oxo (102.46°). El valores de los ángulos de enlace Sb-O-Sb que incluye a los puentes metoxilo son menores (88.9 y 89.9°) en comparación al que contiene el puente oxo (102.4°).

Tabla 4. Distancias (Å) y ángulos de enlace (°) representativos del compuesto 2

Enlace	Å	Ángulo	°	Ángulo	°
Sb1 O1	1.988(4)	O1 Sb1 C1	93.2(3)	C1 Sb1 C7	102.1(3)
Sb1 C1	2.137(8)	O1 Sb1 C7	93.2(3)	C1 Sb1 C13	99.2(3)
Sb1 C7	2.149(7)	O1 Sb1 C13	160.3(3)	C7 Sb1 C13	99.1(3)
Sb1 C13	2.155(9)	C1 Sb1 O2	92.4(3)	O1 Sb1 O2	72.2(3)
Sb1 O2	2.192(5)	C13 Sb1 O2	92.0(3)	O1 Sb1 O3	75.0(2)
Sb1 O3	2.213(6)	C7 Sb1 O2	160.1(2)	O2 Sb1 O3	69.6(2)
Sb1 Sb1'	3.0978(10)	C1 Sb1 O3	160.6(3)	Sb1 O1 Sb1	102.4(3)
		C7 Sb1 O3	93.9(3)	Sb1 O2 Sb1	89.9(3)
		C13 Sb1 O3	88.8(3)	Sb1 O3 Sb1	88.9(3)

Por otro lado, es importante resaltar que el ángulo de enlace O-Sb-O que incluyen el puentes metoxilo (69.60°) es más corto que aquellos que incluyen al puente oxo (72.17 y 74.98°). La alta densidad electrónica que presenta el puente oxo puede ser la causa de la apertura del ángulo de enlace C1-Sb1-C7 y el cierre del ángulo O2-Sb1-O3. Este hecho puede confirmarse por la presencia de un puente de hidrógeno con una molécula de etanol presente en la celda cristalina (tabla 5).

Tabla 5. Distancias (Å) y ángulos de enlace (°) de los puentes de hidrógeno del compuesto 2

	O...H	H-O	O...O	Angulo OHO
O4 H4A O5	0.85	1.88	2.73(3)	175.4
O5 H5A O1	0.85	1.88	2.734(15)	179.4

El puente de hidrógeno que forma el puente oxo hace que dicho átomo de oxígeno presente ángulos de enlace H-O-Sb (125.5°) y O-Sb-O (102.4°) más cercanos a una geometría trigonal que a una tetraédrica, lo que hace suponer una hibridación sp^2 para dicho átomo de oxígeno y con ello un orbital p puro que forma una interacción $p_\pi-d_\pi$ en ambos enlaces O-Sb. Por otro lado, los puentes metoxilo presentan ángulos de enlace alrededor del átomo de oxígeno de 123.1° , para los ángulos Sb-O-C y para el ángulo Sb-O-Sb un valor cercano a 90° . Esto nos lleva a proponer un carácter más tetraédrico y con ello una hibridación sp^3 para el átomo de oxígeno puente, que presenta un par de electrones de no-enlace.

El arreglo cristalino del compuesto 2 presenta moléculas de agua de cristalización. Se pueden distinguir dos tipos diferentes de moléculas de agua, en relación al grado de distorsión que muestran. En la molécula de agua más distorsionada no se observó interacción alguna con la molécula del compuesto 2, mientras que para la otra molécula de agua pueden identificarse tres interacciones: un puente de hidrógeno con el átomo de oxígeno del puente oxo y al mismo tiempo dos interacciones de tipo CH- π entre el grupo CH_2 del etanol con la nube π del grupo fenilo unido a un átomo de antimonio. La distancia entre el centroide del anillo fenilo y el átomo de H es de 2.857 \AA , que se encuentra dentro de las distancias observadas para este tipo de interacciones (Desiraju, 2002). Así también, las distancias entre los átomos de carbono del fenilo con el átomo de hidrógeno del CH_2 presentan una distancia promedio de 3.17 \AA con una desviación estándar de 0.08 \AA , lo que indica que el átomo de hidrógeno se encuentra aproximadamente al centro del anillo aromático. Este mismo comportamiento se observa entre el otro átomo de hidrógeno del mismo grupo CH_2 con el otro anillo aromático. Con ello puede llegar a suponerse cierto grado de reconocimiento de la molécula de etanol (por el fragmento $-CH_2OH$) en el fragmento $PhSbOSbPh$.

5. Conclusiones

Se obtienen dos estructuras cristalinas diferentes al tratar de cristalizar el compuesto sulfonado de la trifenilestibina por dos diferentes métodos, uno a temperatura ambiente (compuesto 1), siendo este un polímero con estructura en zigzag, donde este tipo de enlace O-Sb-O no es muy poco común, lo cual hace relevante la obtención de este polímero de antimonio. La otra estructura cristalina obtenida a baja temperatura

fue un dímero de la trifenilestibina, donde se observa en la estructura cristalina disolvente de cristalización (metanol) con puentes entre las dos moléculas de trifenilestibina.

6. Referencias

- Amatore, C., Blart, E., Genet, J.P., Jutand, A., Lemaire-Audoire, S. y Savignac, M. (1995). New Synthetic Applications of Water-Soluble Acetate Pd/TPPTS Catalyst Generated in situ. Evidence for A True Pd (O) Species Intermediate. *J. Org. Chem.* 60 (21): 6829-6839.
- Bonaplata, E., Dinq, H., Hanson, B. E. y McGrath, J. E. (1995). Hydroformylation of Octene-1 with A Poly (Arylene Ether Triarylphosphine) Rhodium Complex. *Polymer.* 36 (15): 3035-3039.
- Cabrera, A., Sharma, P., Arias, J. L., Pérez-Flores, J., Velasco, L. y Gómez, R. M. (2004). Amidocarbonylation of Alkenes at Very Low Pressures with a Co₂(CO)₈/SbR₃ System: Two Easy Routes to Reach N-acetyl-a. *J. Mol. Catal. A: Chem.* 212 (1): 19-23.
- Cornils, B. y Kuntz, E. G. (1995). Introducing TPPTS and Related Ligands for Industrial Biphasic Process. *J. Organomet. Chem.* 502 (1): 177-186.
- Deshpande, R. M., Purwanto, Delma, H. y Chaudhari, F. V. (1996). Kinetics of Hydroformylation of 1-Octene Using [Rh (COD)Cl]₂-TPPTS Complex Catalyst in A Two-Phase System in the Presence of a Co-solvent. *Ind. Eng. Chem. Res.* 35 (11): 3927-3938.
- Desiraju, G. R. (2002). Hydrogen Bridges in Crystal Engineering: Interactions without Borders. *Acc. Chem. Res.* 35: 565-573.
- Dos Santos, S., Tong, Y., Quignard, F., Choplin, A., Sinou, D. y Dutasta, J. P. (1998). Supported Aqueous-Phase Palladium Catalysts for the Reaction of Allylic Substitution: Toward on Understanding of the Catalytic System. *Organometallics.* 17 (1): 78-89.
- Gómez, R. M., Sharma, P., Arias, J. L., Pérez-Flores, J., Velasco, L. y Cabrera, A. (2001). Amidocarbonylation of Cyclohexene and 1-Pentene with Co₂ (CO) Modified with Triarylstibines in Very Mild Conditions. *J. Mol. Catal. A: Chem.* 170 (1): 271-274.
- Henry, P. M. (1973). Palladium (II)-Catalyzed Exchange and Isomerization Reactions. *Acc. Chem. Res.* 6 (1): 16-24.

- James, B., (1973). *Homogeneous hydrogenation*. Estados Unidos: J. Wiley & Son.
- Kalck, P., and Monteil, F. (1992). Use of Water-Soluble Ligands in Homogeneous Catalysis. *Adv. Organomet. Chem.* 34: 219-278.
- Kiji, J., Okano, T., Nishiumi, W. y Konoshi, H. (1988). Palladium-Catalyzed, Atmospheric Pressure Carbonylation of Allylic Chlorides in Two-Phase Aqueous Sodium Hydroxide-Organic Solvent Media. *Chem. Lett.* 63 (6): 957-960.
- Kuntz, E. G. (1987). Homogeneous catalysis in water. *Chemtech.* 17: 570-575.
- Lippert, B. (1999). Impact of Cisplatin on the Recent Development of Pt Coordination Chemistry: A Case Study. *Coord. Chem. Rev.* 182 (1): 263-265.
- Sharma, P., Cabrera, A., Arias, J.L., Le Lagadec, R., Manzo, R.L. y Sharma, M. (1998). Crystal Structures of Trio(o-tolyl)stibine in Two Crystal Forms. *Main Group Metal Chem.* 21 (6): 303-308.
- Svensson, C. (1974). The Crystal Structure of Orthorhombic Antimony Trioxide, Sb_2O_3 . *Acta Cryst.* B30: 458-461.
- Svensson, C. 1975. Refinement of the crystal structure of cubic antimony trioxide, Sb_2O_3 . *Acta Cryst.* B31, 2016-2018.
- XiaoZhong, L., Fanzhi, K., Xiaolai, Z. y Zilin, J. (2003). Polyether Triarylphosphine Oxides for Hydroformylation of Oleyl Alcohol in Micellar Catalysis. *Catal Comm.* 4 (3): 129-133.