



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 355 784**

② Número de solicitud: 200930712

⑤ Int. Cl.:  
**C07D 471/08** (2006.01)  
**A61K 31/439** (2006.01)  
**C01G 45/00** (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **21.09.2009**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **31.03.2011**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**31.03.2011**

⑰ Solicitante/s: **Universitat de Valencia**  
**Avda. Blasco Ibáñez, 13**  
**46010 Valencia, ES**

⑱ Inventor/es: **Clares García, María Paz;**  
**Blasco Llopis, Salvador;**  
**Soto Soriano, Concepción;**  
**González García, Jorge;**  
**Verdejo Víu, Begoña y**  
**García-España Monsonís, Enrique**

⑳ Agente: **Illescas Taboada, Manuel**

⑳ Título: **Complejos metálicos miméticos de SOD.**

㉑ Resumen:

Complejos metálicos miméticos de SOD. La presente invención comprende un procedimiento para sintetizar complejos metálicos a partir de compuestos macrocíclicos poliazapiridinofanos, caracterizados por ser miméticos de la enzima superóxido dismutasa (SOD). Además la presente invención hace referencia a los propios compuestos metálicos macrocíclicos poliazapiridinofanos, a los complejos metálicos formados a partir de ellos y al uso de éstos en terapia para el tratamiento de enfermedades cuya etiología se basa en anomalías de la actividad de la SOD endógena, principalmente como antiinflamatorios, analgésicos y antioxidantes protectores del estrés oxidativo celular.

ES 2 355 784 A1

## DESCRIPCIÓN

Complejos metálicos miméticos de SOD.

5 **Campo de la invención**

La presente invención comprende un procedimiento para sintetizar complejos metálicos, a partir de compuestos macrocíclicos poliazapiridinofanos, caracterizados por ser miméticos de la enzima superóxido dismutasa (SOD). Además, la presente invención hace referencia a los propios compuestos macrocíclicos poliazapiridinofanos, a los complejos metálicos formados a partir de ellos y al uso de éstos en terapia para el tratamiento de enfermedades cuya etiología se basa en anomalías de la actividad o carencia de la SOD endógena, principalmente como antiinflamatorios, analgésicos y antioxidantes protectores del estrés oxidativo celular.

15 **Estado de la técnica**

La reacción de dismutación del radical superóxido ( $O_2^-$ ) en oxígeno y peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), catalizada por la enzima SOD, convierte a dicha enzima en una importante defensa antioxidante para la mayoría de las células expuestas al oxígeno. Así, la SOD protege a la célula de las reacciones dañinas del radical  $O_2^-$ . En humanos existen tres formas de SOD. SOD1 se encuentra en el citoplasma, en compartimentos nucleares y en el espacio intermembrana de la mitocondria. SOD2 se encuentra en las mitocondrias y SOD3 en el líquido extracelular. La primera es un dímero (consiste en dos subunidades), mientras que las otras son tetrameros (cuatro subunidades). SOD1 y SOD3 contienen cobre y zinc, mientras que SOD2 tiene manganeso en su centro reactivo.

La importancia fisiológica de la SOD es ilustrada por las severas patologías que se evidencian en ratones genéticamente modificados para que carezcan de esta enzima y por la reversión de dichas patologías cuando se aplica una SOD externa a los pacientes.

Las mutaciones en SOD1 se han relacionado con la esclerosis lateral amiotrófica (ELA) y su inactivación con el desarrollo de hepatocarcinomas [Elchuri, et al., S. (2005). *CuZnSOD deficiency leads to persistent and widespread oxidative damage and hepatocarcinogenesis later in lif. Oncogene 24: 367-380*]. Además, los ratones sin SOD1 exhiben una acelerada pérdida de masa muscular relacionada con la edad [Muller, et al, F. L. (2006). *Absence of CuZn superoxide dismutase leads to elevated oxidative stress and acceleration of age-dependent skeletal muscle atrophy. Free Radic. Biol. Med 40: 1993-2004*], una temprana incidencia de cataratas y una esperanza de vida reducida.

En ratones, la inactivación de SOD2 provoca la muerte perinatal y su carencia provoca la muerte de los ratones a los pocos días de nacer por estrés oxidativo masivo [Li, et al., Y. (1995). *Dilated cardiomyopathy and neonatal lethality in mutant mice lacking manganese superoxide dismutase. Nat. Genet. 11: 376-381*].

Así, existen numerosas enfermedades relacionadas con la presencia del anión superóxido y la carencia o disfunción de la SOD endógena entre las que se encuentran, a modo de ejemplo, enfermedades inflamatorias como la artritis reumatoide, la osteoartritis, enfermedad de Chron, enfermedad de Parkinson, varios tipos de cáncer, enfermedad de Alzheimer, diabetes, fibrosis, psoriasis, asma, etc. [Maritim AC et al., (2003), *Diabetes. Oxidative stress and antioxidants: a review, J. Biochem. Mol. Toxicol, 17: 24-38*].

Por otro lado, la SOD es usada en productos cosméticos para reducir el daño de los radicales libres a la piel, por ejemplo, para reducir la fibrosis que se produce como consecuencia de la radioterapia. Se sabe que la SOD revierte la fibrosis [Vozenin-Brotons, MC. et al. (2001). *Antifibrotic action of Cu/Zn SOD is mediated by TGF-beta1 repression and phenotypic reversion of myofibroblasts. Free Radic Biol Med. 30(1): 30-42. PMID 11134893*] posiblemente a través de la reversión de los miofibroblastos de nuevo a fibroblastos. Además la SOD es usada para el tratamiento del dolor y de los efectos de la quimioterapia y la radiación [Lebovitz, et al. (1996) *Neurodegeneration, myocardial injury, and perinatal death in mitochondrial superoxide-deficient mice. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 93: 9782-9787*], [Li et al (1995). *Dilated cardiomyopathy and neonatal lethality in mutant mice lacking manganese superoxide dismutase. Nat. Genet. 11: 376-381*], [Zelko et al (2002) *Superoxide dismutase multigene family: a comparison of the CuZn-SOD (SOD1), Mn-SOD (SOD2) and EC-SOD (SOD3) gene structures, evolution and expression. Free Radic. Biol. Med. 33: 337-349*]; [Chen et al. (1998) *Overexpression of MnSOD protects against myocardial ischemia/reperfusion injury in transgenic mice. J. Mol. Cell. Cardiol. 30: 2281-2289*], [Keller, et al. (1998) *Mitochondrial manganese superoxide dismutase prevents neural apoptosis and reduces ischemic brain injury suppression of peroxynitrite production, lipid peroxidation, and mitochondrial dysfunction, J. Neurosci. 18: 687-697*]; [Flores et al. (1993) *Tat protein of human immunodeficiency virus type 1 represses expression of manganese superoxide dismutase in HeLa cells, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 90: 7632-7636*]; [Westendorp et al (1995) *HIV-1 Tat potentiates TNF-induced NF-kappa B activation and cytotoxicity by altering the cellular redox state, Embo. J., 14: 546-554*], [Yan (1999) *Altered levels of primary antioxidant enzymes in progeria skin fibroblasts, Biochem. Biophys. Res. Commun., 257: 163-167*].

El estado de la técnica refleja que la SOD lleva a cabo importantes funciones en el organismo como, por ejemplo, protección frente al estrés oxidativo celular y frente a procesos inflamatorios o degenerativos. Cuando la actividad de la SOD falla, se produce un aumento del estrés oxidativo que conlleva al desarrollo de varios desórdenes o enfermedades en el cuerpo humano como por ejemplo: procesos inflamatorios, procesos cancerígenos o procesos degenerativos.

## ES 2 355 784 A1

Por lo tanto, la síntesis de compuestos miméticos de la enzima SOD se antoja necesaria para poder suplir las posibles deficiencias en la actividad de la SOD endógena, o la carencia de la misma y, así, poder tratar las numerosas patologías o enfermedades arriba citadas, que presentan como etiología común la carencia o actividad deficiente de dicha enzima. Idealmente los compuestos miméticos sintetizados deberían presentar una toxicidad reducida y, además, ser capaces de llevar a cabo la reacción de dismutación a partir de la menor concentración de compuesto posible. La utilización de concentraciones o dosis menores de los miméticos de SOD reduciría el coste de los tratamientos, así como el riesgo asociado al desarrollo de efectos secundarios y al desencadenamiento de inmunogenicidad.

No se ha localizado en el estado de la técnica ningún documento que divulgue de forma específica los complejos metálicos desarrollados en la presente invención.

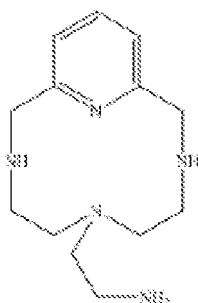
Además, los complejos metálicos desarrollados en la presente invención solventan los problemas técnicos arriba expuestos porque presentan una toxicidad reducida, bajos valores del índice  $IC_{50}$  (ver ejemplos de la invención) y no causan el desarrollo de inmunogenicidad. El bajo valor del índice  $IC_{50}$  de los complejos metálicos de la presente invención tiene importantes implicaciones debido a que cuanto menor sea dicho valor, menor será la cantidad de compuesto necesaria para causar el efecto mimético deseado. Por lo tanto, el uso de menor cantidad de complejo para conseguir la reacción de dismutación reducirá considerablemente los efectos secundarios.

Por otro lado, los complejos metálicos de la invención tienen una vida media elevada debido a su estabilidad en plasma y no presentan problemas de distribución en los tejidos tras su administración.

### Descripción de la invención

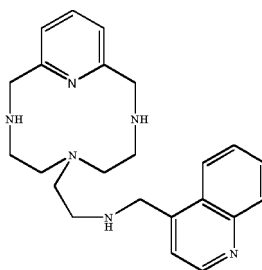
La presente invención comprende un procedimiento para sintetizar complejos metálicos miméticos de la SOD, a partir de compuestos intermediarios que son macrociclos poliazapiridinofanos con un heterociclo de quinolina unido a la estructura central de la molécula. Por lo tanto, dicho procedimiento comprende, como primer paso, la síntesis del compuesto intermediario de Fórmula 1 ó 2, utilizando como precursor el compuesto sintético de Fórmula 3, la posterior purificación del compuesto intermediario de Fórmula 1 ó 2 y, finalmente, la formación de complejos metálicos mediante la unión del compuesto de Fórmula 1 ó 2 purificado con los iones metálicos a través de sus átomos de nitrógeno. En la Figura 1 se muestra esquemáticamente el modo en que el compuesto de Fórmula 1 forma un complejo de coordinación con un átomo de  $Mn^{2+}$ .

Los compuestos intermediarios formados en el primer paso del procedimiento de la invención, utilizando como precursor el compuesto sintético de Fórmula 3,

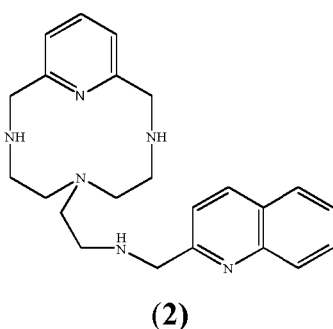


(3)

se caracterizan por la siguiente Fórmula 1, donde el heterociclo de quinolina está unido por la posición 4 al metileno que se une a la cadena etilamina o, alternativamente, se caracterizan por la siguiente Fórmula 2, donde el heterociclo de quinolina está unido por la posición 2 al metileno que se une a la cadena etilamina:



(1)



Los compuestos intermediarios 1 y 2 son isómeros caracterizados estructuralmente por ser triazapiridinofanos con una cadena etilamina sustituida en el nitrógeno terciario del ciclo y esta a su vez contiene un sustituyente metilquinolil unido a la amina. El triazapiridinofano es un compuesto cíclico que incluye un anillo de piridina y que contiene tres grupos amino(aza) en la cadena cíclica, y una cadena etilénica que acaba con un grupo amino(aza) como sustituyente del ciclo. La cadena etilamina contiene también un grupo metilquinolil como sustituyente del grupo amino. Como se ha mencionado, el sistema de quinolina puede estar unido en dos posiciones (2 ó 4) al metileno que se une a la cadena etilamina.

Dichos compuestos intermediarios pertenecen a una familia también conocida como escorpiandos (amina trisustituida, con tres cadenas etilamina) tipo piridinofano (dos de las cadenas forman ciclo con el anillo piridínico), la tercera cadena contiene diferentes sustituyentes aromáticos y/o etilénaminicos, unidos al grupo amino de la cadena.

Como se ha comentado anteriormente, una vez que los compuestos intermediarios de Fórmula 1 ó 2 son sintetizados, se procede a su aislamiento y purificación a través de lavados sucesivos con etanol o metanol. A continuación, los compuestos intermediarios de Fórmula 1 ó 2 se unen a iones metálicos (preferentemente Cu(II), Fe(II) y Mn(II)) para formar complejos metálicos miméticos de la enzima SOD. Dichos complejos pueden ser usados en terapia para el tratamiento de enfermedades, como por ejemplo las citadas en el estado de la técnica de la presente invención, cuya etiología se basa en anomalías de la actividad o carencia de la SOD endógena. A modo de ejemplo, los complejos miméticos de SOD de la presente invención son utilizados principalmente como antiinflamatorios, analgésicos y antioxidantes protectores del estrés oxidativo celular.

Es importante destacar que se han observado resultados de actividad particularmente relevantes (ver Ejemplo 3) para los complejos metálicos formados a partir del compuesto de Fórmula 1 y el anión Mn(II) (ver Figura 1).

En la presente invención se entiende por complejo metálico a cualquier asociación molecular de los compuestos intermediarios de Fórmula 1 ó 2 con cualquier ión metálico, preferentemente Cu(II), Fe(II) y Mn(II).

Por otro lado en la presente invención se entiende por complejo mimético de la SOD a aquél complejo metálico capaz de imitar, suplir, y eventualmente mejorar, la actividad terapéutica y/o funciones de la enzima SOD endógena.

Además, en la presente invención se entiende por cantidad terapéuticamente eficaz a aquélla que hace revertir la enfermedad tratada o mejorar sus síntomas.

Los complejos metálicos descritos en la presente invención pueden utilizarse como principios activos en pacientes humanos o en animales pudiendo ser preparados en composiciones farmacéuticas, o formulaciones, y administrados, de acuerdo a los conocimientos existentes en el estado la técnica del desarrollo galénico, de distintas formas tales como: por inyección intradérmica o por vía oral mediante cápsulas, grageas o tabletas.

De igual forma, las formas sólidas se elaboran en presencia de los excipientes necesarios seleccionados del grupo que comprende pero no se limita a: manitol, polivinilpirrolidona, celulosa micro cristalina, silicagel, talco, estearato magnésico, óxido de titanio, colorantes y antioxidantes.

Los complejos metálicos de la invención superan los problemas citados en el estado de la técnica al tener una toxicidad disminuida y bajos valores de IC<sub>50</sub>. El bajo valor del índice IC<sub>50</sub> de los complejos metálicos de la presente invención tiene importantes implicaciones debido a que cuanto menor sea dicho valor, menor será la cantidad de complejo necesaria para causar el efecto mimético deseado. Por lo tanto, el uso de menor cantidad de complejo para conseguir la reacción de dismutación reducirá considerablemente los efectos secundarios.

Además, los complejos metálicos de la invención presentan alta estabilidad (Ejemplo 2, Tabla 2) y vida media, evitando los problemas de distribución en los tejidos tras su administración, así como el desarrollo de inmunogenicidad.

## ES 2 355 784 A1

La metodología seguida para estudiar la capacidad catalítica de descomposición del anión superóxido de estos complejos metálicos en relación al enzima nativa, ha sido previamente descrita por Mccord y Fridovich [*C. Beauchamp, I. Fridovich, Analytical Biochemistry, 1971, 44, 276*] y ha sido optimizada para los complejos metálicos de Cu(II), Fe(II) y Mn(II).

5 Así, el primer aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para la síntesis de complejos metálicos miméticos de la enzima SOD que comprende la coordinación del metal por los nitrógenos de los compuestos de fórmula 1 ó 2.

10 En una realización preferida de la invención el procedimiento se caracteriza porque los iones metálicos que se unen al compuesto de Fórmula 1 ó 2 se seleccionan entre: Cu(II), Fe(II) y Mn(II).

En otra realización preferida de la invención, dicho procedimiento se caracteriza porque los compuestos intermedios de fórmula 1 y 2 se sintetizan previamente mediante un proceso que comprende la reacción del compuesto de Fórmula 3 con el aldehído de 2 ó 4 quinolina disuelto en etanol, dependiendo respectivamente de si el compuesto intermediario a sintetizar es el compuesto de Fórmula 2 o el compuesto de Fórmula 1, y posteriormente la adición de borohidruro sódico para la reducción de la imina formada.

15 Otros aspectos de la presente invención hacen referencia a los propios compuestos intermediarios de Fórmula 1 ó 2, a su uso para la síntesis de complejos metálicos miméticos de la enzima SOD preferentemente con los iones Cu(II), Fe(II) o Mn(II), al propio complejo metálico que comprende el compuesto de Fórmula 1 ó 2 y al menos un ión metálico preferentemente Cu(II), Fe(II) o Mn(II) y al uso de dichos complejos metálicos como miméticos de la enzima SOD, para la elaboración de una composición farmacéutica destinada al tratamiento de enfermedades cuya etiología se basa en alteraciones de la actividad de la SOD endógena o, particularmente, como antiinflamatorio, analgésico o protector del estrés oxidativo celular.

### Descripción de las figuras

Figura 1. Esquema del modo en que el compuesto de Fórmula 1 forma un complejo de coordinación con un átomo de  $Mn^{2+}$ .

Figura 2. Estructura cristalográfica del complejo metálico formado a partir del compuesto intermediario de Fórmula 1.

Figura 3. Estructura cristalográfica del complejo metálico formado a partir del compuesto intermediario de Fórmula 2.

Figura 4. Esquema del método de reducción del NBT (azul de ditetrazolio).

Figura 5. Formación de aniones superóxido a partir de Xantina/Xantina oxidasa.

### Ejemplos

Ejemplo 1

#### *Preparación de los compuestos intermediarios de Fórmula 1 y 2*

La síntesis de los compuestos intermediarios de Fórmula 1 y 2 se realizó a partir de la reacción del compuesto de Fórmula 3 (ver esquema I) con el aldehído de 2 quinolina (en el caso de que el compuesto intermediario a sintetizar sea el compuesto de Fórmula 2) o de 4 quinolina (en el caso de que el compuesto intermediario a sintetizar sea el compuesto de Fórmula 1), disueltos ambos en etanol. Posteriormente se añadió borohidruro sódico para la reducción de la imina formada. La mezcla se trata convenientemente para extraer el producto de reacción compuesto de Fórmula 1 ó 2, del que se prepara la sal amónica mediante adición de ácido clorhídrico.

## ES 2 355 784 A1

El esquema del procedimiento de síntesis de los compuestos intermediarios de Fórmula 1 ó 2 es el siguiente:

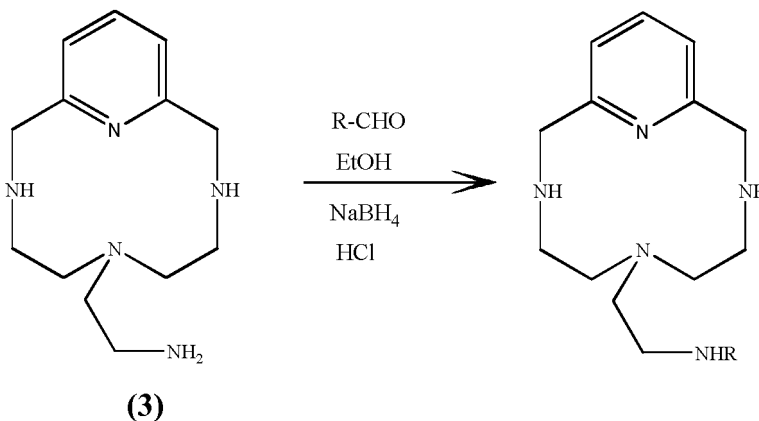
Esquema I

5

10

15

20



25

Las sales de los compuestos 1 y 2 son sólidas y se purificaron a través de lavados sucesivos con etanol o metanol.

### Ejemplo 2

30

#### Caracterización de los compuestos intermediarios de Fórmula 1 y 2

Los compuestos intermediarios de Fórmula 1 y 2 fueron perfectamente caracterizados por espectroscopia de RMN, espectrometría de masas, análisis cristalográfico y a través de análisis elemental.

35

Se realizaron medidas potenciométricas para determinar el comportamiento como ácido-base de la nueva familia de compuestos, obteniéndose las constantes globales de protonación, necesarias para el estudio posterior de formación de complejos metálicos con Cu(II), Fe(II) y Mn(II).

40

La Tabla 1 muestra los logaritmos de las constantes de protonación determinadas en NaClO<sub>4</sub> 0.15 mol.dm<sup>-3</sup> a 298.1 ± 0.1 K. Las cargas están omitidas. Los números entre paréntesis indican la desviación estándar de la última cifra significativa. <sup>a)</sup> La constante de basicidad global es  $\beta = \Sigma K_{HjL}$

45

TABLA 1

50

55

60

65

Reacción	Comp. 2	Comp. 1
$L+H \rightleftharpoons HL$	10.03(1)	9.93(1)
$HL+H \rightleftharpoons H_2L$	8.40(1)	8.31(1)
$H_2L+H \rightleftharpoons H_3L$	6.23(1)	5.94(1)
$H_3L+H \rightleftharpoons H_4L$		2.82(1)
Log $\beta^a$	24.66(2)	27.00(1)

## ES 2 355 784 A1

La Tabla 2 muestra constantes de estabilidad para la formación de complejos metálicos con  $Mn^{2+}$  determinadas en  $NaClO_4$   $0.15 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  a  $298.1 \pm 0.1 \text{ K}$ . Las cargas están omitidas y los números entre paréntesis indican la desviación estándar de la última cifra significativa. Esta tabla muestra las constantes de estabilidad para la formación de complejos metálicos de  $Mn(II)$ . La estabilidad exhibida por los complejos formados por los compuestos de Fórmula 1 y 2, que viene reflejada por las constantes de formación de sus complejos ( $[Mn(II)\text{-compuesto de Fórmula 1}]^{2+}$  ( $\log K = 8.91(1)$ ) y  $[Mn(II)\text{-compuesto de Fórmula 2}]^{2+}$  ( $\log K = 11.08(1)$ ), es suficiente para evitar la disociación de los complejos en plasma a pH próximo a la neutralidad. Por otra parte, los compuestos sólidos  $[Mn(II)\text{-compuesto de Fórmula 1-H}_2\text{O}](ClO_4)_2$  y  $[Mn(II)\text{-compuesto de Fórmula 2}](ClO_4)_2$  se obtuvieron evaporando lentamente durante varias semanas disoluciones acuosas de perclorato de  $Mn(II)$  y el clorhidrato del compuesto de Fórmulas 1 y 2 a pH neutro en las que no se tomó precaución alguna sobre la desoxigenación del disolvente. De hecho, la evaporación se realizó en matraces en contacto con el oxígeno atmosférico. Estas observaciones experimentales demuestran una gran estabilidad frente a la oxidación atmosférica y apoyan la mencionada estabilidad en plasma de los compuestos objeto de la invención.

15

TABLA 2

20

25

30

Reacción	Compuesto 2	Compuesto 1
$Mn+L \rightleftharpoons MnL$	11.08(1)	8.91(1)
$Mn+L+H \rightleftharpoons HMnL$	16.23(6)	
$Mn+L+H_2O \rightleftharpoons MnL(OH)+H^+$		-1.36(1)
$MnL+H \rightleftharpoons HMnL$	5.15(2)	
$MnL+OH \rightleftharpoons MnL(OH)$		3.45(1)

La Tabla 3 muestra los datos cristalográficos obtenidos para los complejos metálicos formados a partir de los compuestos de Fórmula 1 y 2:

35

TABLA 3

40

45

50

55

60

65

	Compuesto 1	Compuesto 2
Fórmula	$C_{23}H_{32}MnN_6O_9Cl_2$	$C_{23}H_{30}MnN_6Cl_2O_8$
Peso molecular	662.39	644.37
Tamaño cristal, mm	$0.5 \times 0.3 \times 0.3$	$0.4 \times 0.2 \times 0.2$
Sistema cristal	monoclinico	monoclinico
Grupo espacial	P 21	P 21/c
T K	293(2)	293(2)
a, Å	8.938(3)	15.299(1)
b, Å	15.366(5)	12.8930(13)
c, Å	10.3010(17)	28.233(3)
$\alpha$ , deg	90	90
$\beta$ , deg	94.673(14)	92.971(7)
$\gamma$ , deg	90	90
V, Å <sup>3</sup>	1410.1(7)	5561.5(9)
Z	2	8
$d_{\text{calc}}$ g/cm <sup>3</sup>	1.560	1.539
$\mu$ , mm <sup>-1</sup> (MoK $\alpha$ )	0.719	0.725
F(000)	686	2664
Refls. recogidos	1913	12195
Reflexiones únicas	1913	5066
Limitaciones	16	26
Params	370	722
R1, wR2 (all)	0.0800, 0.2182	0.1542, 0.4082

## ES 2 355 784 A1

### Ejemplo 3

#### *Estudio de la actividad de los complejos metálicos de la invención como miméticos de la enzima SOD*

5 La actividad mimética del enzima SOD en estos complejos metálicos, se determinó mediante metodología de reducción del azul de ditetrazolio (nitroblue tetrazolium, NBT) por el anión superóxido descrita por Mccord y Fridovich (Figura 4). La generación de aniones superóxido se realizó a través del complejo enzimático xantina oxidasa (Figura 5), y estos aniones reaccionarán con la NBT y con el compuesto cuya actividad se desea probar.

10 Los ensayos se realizaron utilizando una disolución 50 mM de tampón HEPES a pH 7.4 y temperatura de 25°C. Se midió la variación de la absorbancia a 560 nanómetros, en un espectrofotómetro de ultravioleta-visible. Se determinaron los valores de velocidad de reacción a través de la variación de la absorbancia con el tiempo y se obtuvieron los valores de  $IC_{50}$  y de la constante catalítica (kcat) donde  $IC_{50}$  viene determinada por la ecuación:

$$15 \quad IC_{50} = 1/(1-2f)K$$

y kcat es:

$$20 \quad kcat = K_{NBT}[NBT]/IC_{50}$$

La Tabla 4 muestra los valores de  $IC_{50}$  y de la kcat obtenidos para los complejos metálicos formados a partir del compuesto de Fórmula 1 y 2 con el ión Mn(II).

25

TABLA 4

30

	<b>Complejo 2</b>	<b>Complejo 1</b>
<b><math>IC_{50}</math> (mol L<sup>-1</sup>)</b>	1,17. 10 <sup>-6</sup>	2,39. 10 <sup>-7</sup>
<b>kcat (mol L<sup>-1</sup> Ls<sup>-1</sup>)</b>	3. 10 <sup>6</sup>	1,6. 10 <sup>7</sup>

35

40

Todos los complejos metálicos formados a partir del compuesto de Fórmula 1 ó 2 poseen una actividad (Kcat) SOD significativa, destacando el complejo metálico formado a partir del compuesto 1.

45

### Ejemplo 4

#### *Estudio de la toxicidad de los complejos metálicos de la invención*

50 Se realizaron cultivos de *Saccharomyces cerevisiae* (*Candida albicans* y cepas mutantes 96687 y 96688 de la colección americana de cultivos tipo) en medio líquido YNB, en presencia de diversas concentraciones de los complejos miméticos de SOD de la invención (hasta 0.5 mM), y se observó un normal crecimiento de los cultivos.

Por lo tanto se deduce que los compuestos ensayados no presentan toxicidad ni inhiben el crecimiento.

55

60

65



## REIVINDICACIONES

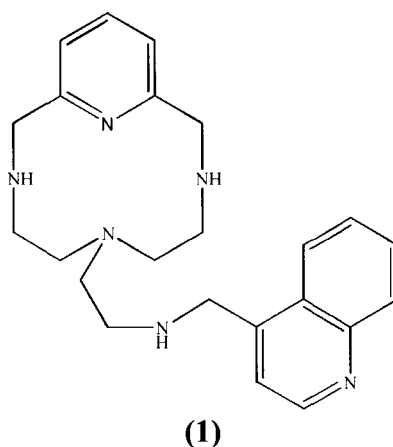
1. Compuesto intermediario de Fórmula 1:

5

10

15

20

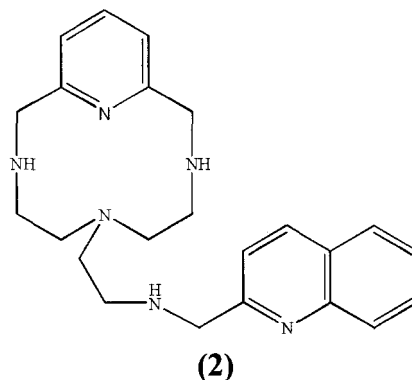


2. Compuesto intermediario de Fórmula 2:

25

30

35



40

3. Procedimiento para la síntesis de complejos metálicos miméticos de la enzima SOD que comprende la unión de iones metálicos a un compuesto de Fórmula 1 ó 2, o a cualquier derivado de los mismos.

45

4. Procedimiento, según la reivindicación 3, **caracterizado** porque los iones metálicos que se unen al compuesto de Fórmula 1 ó 2 se seleccionan entre: Cu(II), Fe(II) y Mn(II).

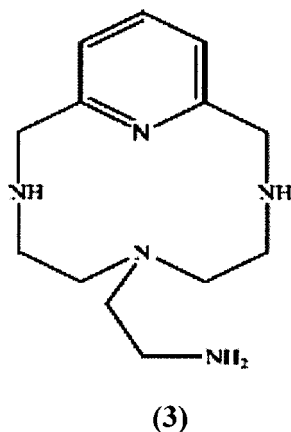
50

55

60

65

5. Procedimiento, según la reivindicación 3, **caracterizado** porque los compuestos intermediarios de Fórmula 1 ó 2 se sintetizan previamente mediante un proceso que comprende la reacción del compuesto de Fórmula 3:



con el aldehído de 2 ó 4 quinolina disuelto en etanol, dependiendo respectivamente de si el compuesto intermediario a sintetizar es el compuesto de Fórmula 2 o el compuesto de Fórmula 1, y posteriormente la adición de borohidruro sódico para la reducción de la imina formada.

## ES 2 355 784 A1

6. Uso del compuesto de la reivindicación 1 para la formación de complejos metálicos miméticos de la enzima SOD.
7. Uso, según la reivindicación 6, para la formación de complejos metálicos miméticos de la enzima SOD con los iones Cu(II), Fe(II) o Mn(II).
8. Uso del compuesto de la reivindicación 2 para la formación de complejos metálicos miméticos de la enzima SOD.
9. Uso, según la reivindicación 8, para la formación de complejos metálicos miméticos de la enzima SOD con los iones Cu(II), Fe(II) o Mn(II).
10. Complejo metálico que comprende el compuesto de la reivindicación 1 y al menos un ión metálico.
11. Complejo metálico, según la reivindicación 10, donde el ión metálico se selecciona entre: Cu(II), Fe(II) o Mn(II).
12. Complejo metálico, según la reivindicación 11, en que el ión metálico es Mn(II).
13. Complejo metálico que comprende el compuesto de la reivindicación 2 y al menos un ión metálico.
14. Complejo metálico, según la reivindicación 13, donde el ión metálico se selecciona entre: Cu(II), Fe(II) o Mn(II).
15. Complejo metálico, según la reivindicación 14, en que el ión metálico es Mn(II).
16. Uso del complejo metálico de las reivindicaciones 10 a 12 como medicamento.
17. Uso, según la reivindicación 16, en que el medicamento es útil para el tratamiento de enfermedades cuya etiología se basa en alteraciones de la actividad o carencia de la SOD endógena.
18. Uso, según cualquiera de las reivindicaciones 16 ó 17, en que el medicamento se selecciona entre: un antiinflamatorio, un analgésico o un protector del estrés oxidativo celular.
19. Uso del complejo metálico de las reivindicaciones 13 a 15 como medicamento.
20. Uso, según la reivindicación 19, en que el medicamento es útil para el tratamiento de enfermedades cuya etiología se basa en alteraciones de la actividad o carencia de la SOD endógena.
21. Uso, según cualquiera de las reivindicaciones 19 ó 20, en que el medicamento se selecciona entre: un antiinflamatorio, un analgésico o un protector del estrés oxidativo celular.
22. Uso del complejo metálico de las reivindicaciones 10 a 12, para la elaboración de un medicamento destinado al tratamiento de enfermedades cuya etiología se basa en alteraciones de la actividad o carencia de la SOD endógena.
23. Uso, según la reivindicación 22, en que el medicamento se selecciona entre: un antiinflamatorio, un analgésico o un protector del estrés oxidativo celular.
24. Uso del complejo metálico de las reivindicaciones 13 a 15 para la elaboración de un medicamento destinado al tratamiento de enfermedades cuya etiología se basa en alteraciones de la actividad o carencia de la SOD endógena.
25. Uso, según la reivindicación 24, en que el medicamento se selecciona entre: un antiinflamatorio, un analgésico o un protector del estrés oxidativo celular.
26. Composiciones farmacéuticas que comprenden como principio activo al menos un complejo metálico de las reivindicaciones 10 a 15, o combinaciones de los mismos y, opcionalmente, al menos un excipiente farmacéuticamente aceptable.

FIG. 1

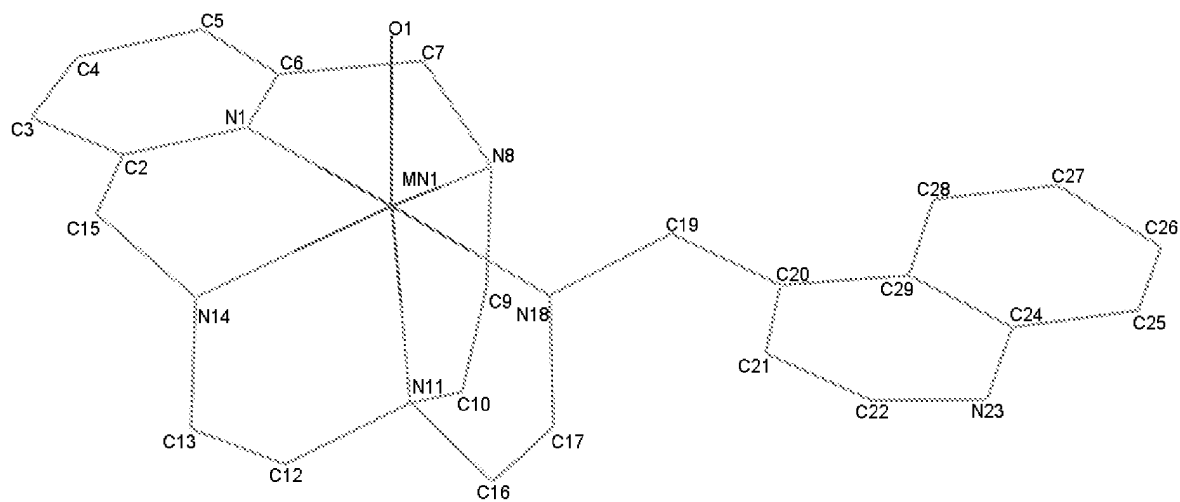


FIG. 2

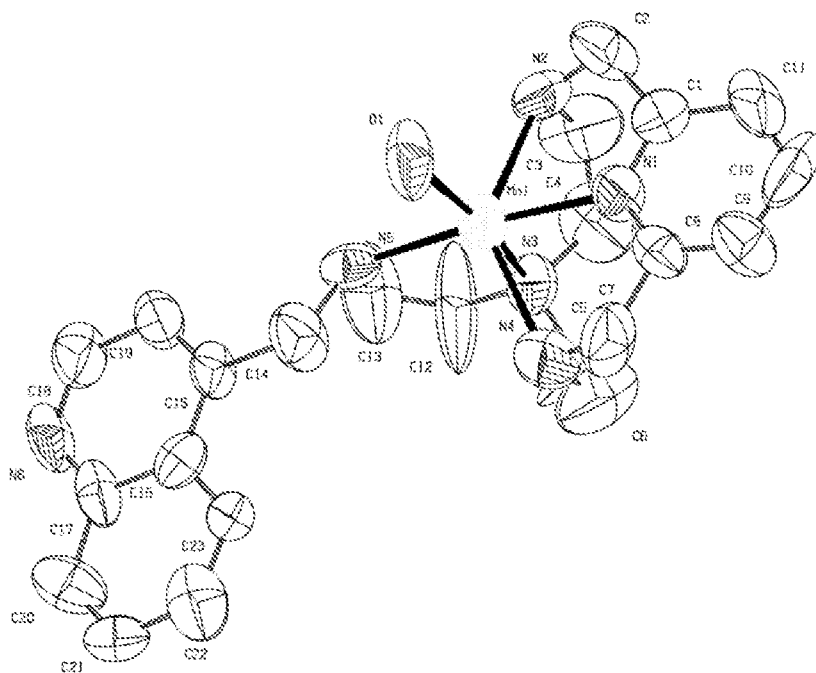


FIG. 3

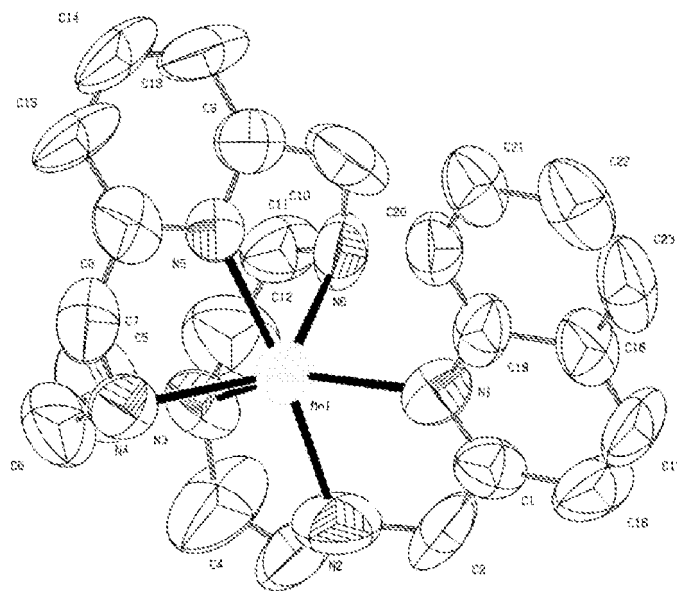


FIG. 4

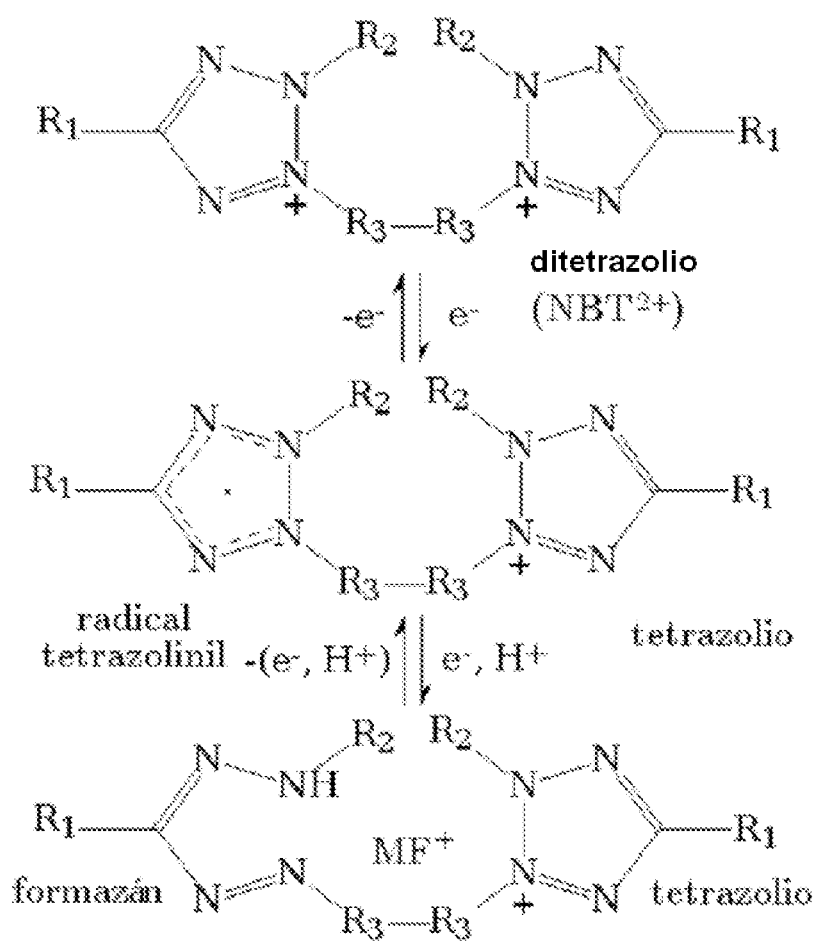
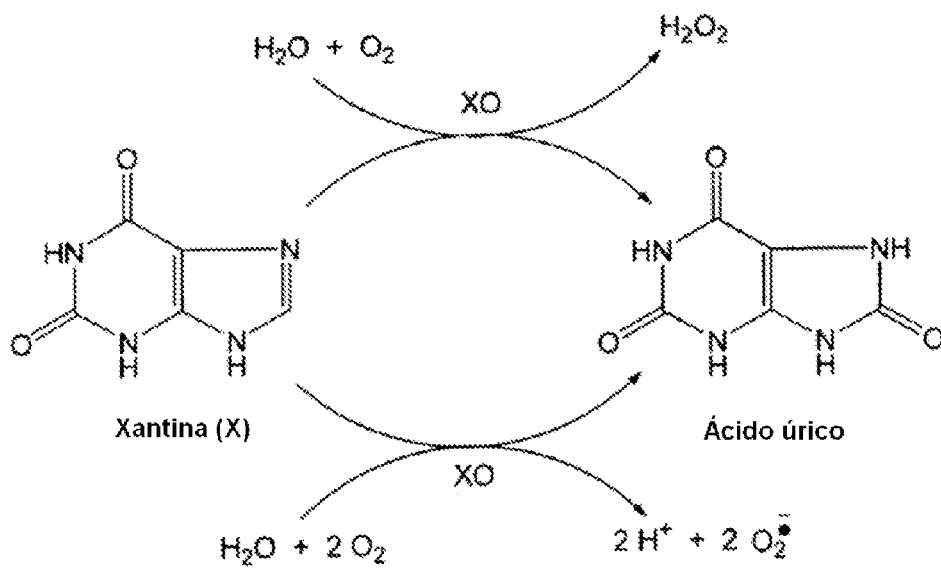


FIG. 5





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud:200930712

②② Fecha de presentación de la solicitud: 21.09.2009

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2007/0298354 A1 (DING, N.) 27/12/2007. Ver página 2, párrafo 26; página 7, reivindicaciones 27, 37y 41.	1-26
A	US 6794371 B1 (R. KEITH, F.) 21/09/2004. Ver columna1, párrafos 1 y 2; columna 5, ejemplo 2, Figura3.	1-26
A	US 2008/0085883 A1 (PIGANELLI, J.D. ET AL.) 10/04/2008. Ver página 3, párrafos 29 y 31; Figuras 9A, 9B, 9C.	1-26
A	EP 1392328 B1 (CRAPO, J. D. ET AL.) 03/03/2004. Ver página 3, párrafos 1-7.	1-26

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
29.11.2010

Examinador  
N. Martín Laso

Página  
1/4



CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**C07D471/08**(2006.01)

**A61K31/439**(2006.01)

**C01G45/00**(2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C07D, A61K, C01G

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, CAS.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.11.2010

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-26	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-26	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2007/0298354 A1 (DING, N.)	27/12/2007
D02	US 6794371 B1 (R. KEITH, F.)	21/09/2004
D03	US 2008/0085883 A1 (PIGANELLI, J.D. ET AL.)	10/04/2008
D04	EP 1392328 B1 (CRAPO, J. D. ET AL.)	03/03/2004

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

La solicitud se refiere a compuestos macrocíclicos poliaza-piridinofanos de formula general 1 y 2, a complejos metálicos de dichos compuestos, a composiciones farmacéuticas que comprenden dichos complejos y al uso de dichos compuestos como miméticos de la enzima SOD en la preparación de medicamentos antiinflamatorios, analgésicos o protectores del estrés oxidativo celular.

El documento D01 divulga un complejo de manganeso de un compuestos macrocíclico poliaza-piridinofano que no presenta funcionalización en los N del anillo piridinofánico. Dicho compuesto es miméticos de la enzima superóxido dismutasa (SOD), (página 2, párrafo 26). Dicho macrociclo puede utilizarse para el tratamiento de diversas enfermedades, como la arterioesclerosis o la trombosis (página 7, reivindicaciones 27, 37 y 41).

El documento D02 divulga un compuesto macrocíclico poliaza-piridinofano funcionalizado con grupos metilfosfato en los N del anillo piridinofánico (columna 5, Figura 3). Dichos compuestos se utilizan para la preparación de medicamentos para el tratamiento de distintas patologías de los huesos, como la osteoporosis (columna 1, párrafos 1 y 2; columna 5, ejemplo 2).

El documento D03 divulga complejos metálicos de compuestos macrocíclicos porfirínicos sustituidos con grupos pirrol (Figuras 9A, 9B y 9C). Dentro de los distintos complejos metálicos se encuentran los complejos de manganeso. Dichos compuestos son miméticos de la enzima superóxido dismutasa (SOD), pudiendo ser utilizados para el tratamiento o prevención de la diabetes (página 3, párrafos 29 y 31).

El documento D04 divulga complejos metálicos de compuesto macrocíclicos porfirínicos funcionalizados con grupos pirrol, de formula general I, los cuales son miméticos de la enzima superóxido dismutasa (SOD). Dichos compuestos se utilizan en la preparación de medicamentos para tratar de daño producido por la radioterapia sobre tejidos sanos (página 3, párrafos 1-7).

Se considera que ninguno de los documentos anteriores, tomados solos ni en combinación, divulgan ni dirigen al experto en la materia hacia compuestos macrocíclicos poliaza-piridinofanos funcionalizados con una alquilamina y un heterociclo de quinolina en el N del anillo piridinofánico, como son los de formula general 1 y 2 definidos en la solicitud .

Por lo tanto, la invención definida en las reivindicaciones 1-26 de la solicitud es nueva y posee actividad inventiva (Art. 6.1 y 8.1 LP 11/1986).