

Castillo Grau & Asociados

ABOGADOS

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 08-007822- -00010-0000

Fecha: 2012-09-28 15:06:59

Tra. 11 PATENTEIYII

Act. 523 RESPUESTA

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR

Eve: 378 FASENACIONALI

Folios: 34

Señores

DIRECCION DE NUEVAS CREACIONES

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Bogotá D.C.

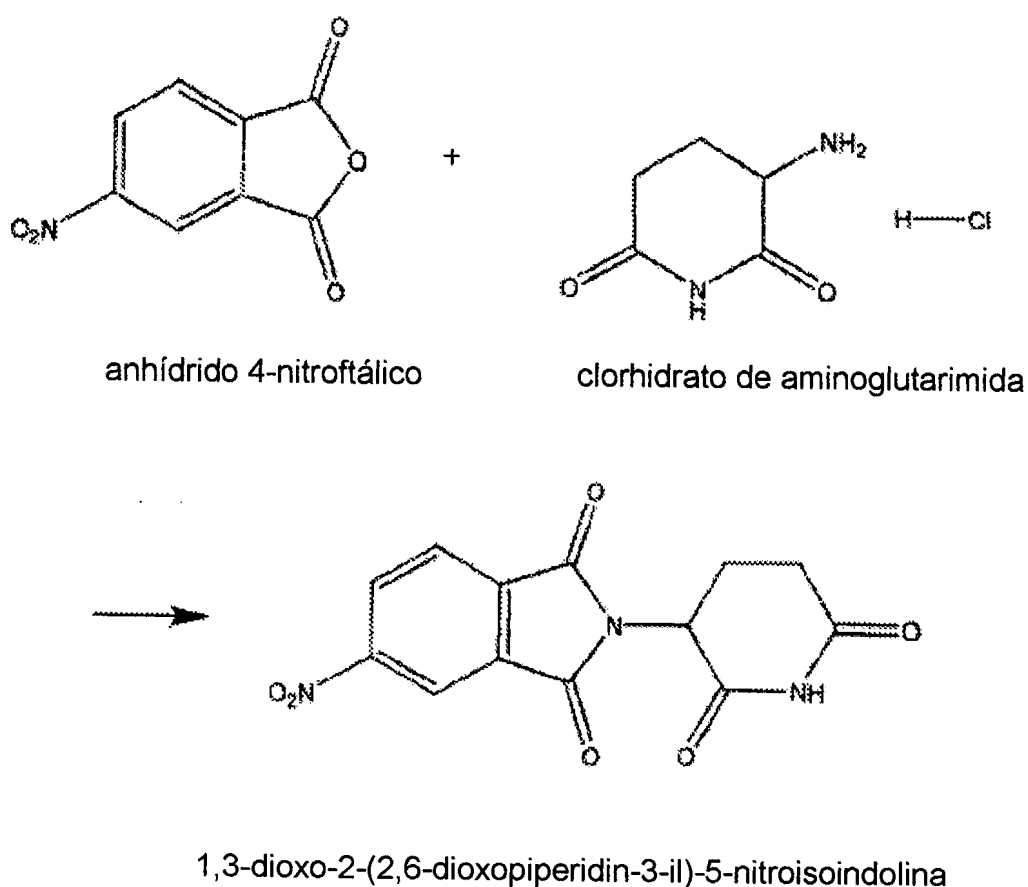
Re.: Código 011 – 378 – 444
Expediente No. 08 – 7.822
Fase Nacional de Solicitud
de Patente PCT
CELGENE CORPORATION

En relación con el expediente de la referencia y dando cumplimiento a la última providencia recaída sobre este asunto por medio del presente escrito me permito manifestarles lo siguiente:

1. Acompaño una versión de la descripción en la cual se ha corregido la expresión "enanciómero" por la expresión correcta "enantiómero".
2. Adjunto un nuevo capítulo reivindicatorio el cual ha sido revisado y corregido.
3. El esquema E mencionado en el ejemplo 13 sí se encontraba dentro de la descripción, sin embargo no estaba señalado. Esto se ha corregido.
4. La reivindicación 43 (ahora 7) es una reivindicación dependiente que define todavía más el tiempo de reacción del proceso de la invención, de modo que el tiempo de reacción no es un "resultado que se pretende alcanza," sino un componente del proceso de la invención. Se llama la atención del Examinador hacia el Ejemplo 13 de la presente solicitud, en donde el tiempo para la etapa reivindicada de la reacción se estipula específicamente en 5 a 7 horas.
5. Con respecto al Nivel Inventivo, mi representada sostiene que WO 02/059106 (D3) se refiere al uso de un anhídrido del ácido 4-nitro-ftálico y no al de un ácido 3-amino-ftálico como lo citan las reivindicaciones dependientes. Las reivindicaciones dependientes son inventivas con respecto a WO 02/059106

por lo menos debido a que el uso de un ácido 3-amino ftálico de modo sorprendente e inesperado da lugar a una producción significativamente más alta con respecto a la que se obtiene usando un 4-nitro-anhídrido. Además, el uso de un ácido 3-amino-ftálico reduce el número de etapas que se necesitan para obtener el producto deseado, elimina la necesidad de ciertos reactivos costosos y da lugar a una purificación más fácil.

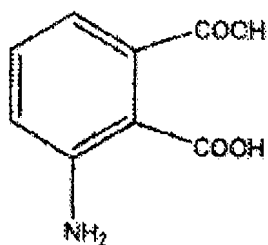
Específicamente, la patente estadounidense No. 6.281.230 describe la siguiente reacción en el Ejemplo 2:



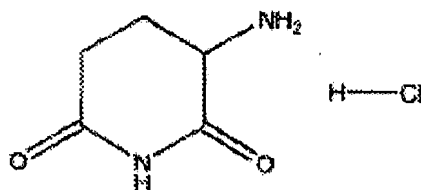
Este ejemplo enseña la reacción de un anhídrido del ácido ftálico con clorhidrato de 3-aminoglutarimida. La patente '230 enseña que el rendimiento en porcentaje para esta reacción es del 54% (ver la patente '230, columna 9, línea 45).

La presente solicitud describe la siguiente reacción en el Ejemplo 13:

Handwritten mark



+



clorhidrato del ácido 3-amino ftálico clorhidrato de
aminoglutarimida

Este ejemplo enseña la reacción de un ácido ftálico con el clorhidrato de 3-aminoglutarimida. La presente solicitud enseña que el rendimiento en porcentaje para esta reacción es del 84% (ver la especificación tal como fue radicada, página 29, línea 31). Así las cosas, al usar el ácido ftálico como material de inicio en vez de un anhídrido del ácido ftálico, el rendimiento en porcentaje resulta significativamente aumentado (de 54% a 84%). Proponemos argumentar que este aumento del rendimiento es sorprendente e inesperado y, según esto, soporta un hallazgo de nivel inventivo.

6. Cabe anotar que los inventores de la presente solicitud se sorprendieron de que el ácido 3-amino ftálico diera un rendimiento tan alto. Se esperaba que el ácido 3-amino ftálico reaccionara consigo mismo y que las impurezas presentes, de haberlas, dieran un rendimiento global menor y un producto menos puro.

Es importante anotar aquí que el anhídrido del ácido ftálico no puede tener el grupo amino deseado del producto final porque el grupo amino reaccionará, de forma indeseable, con la funcionalidad del anhídrido. Esto resulta evidente por el hecho de que WO 02/059106 emplea un anhídrido del ácido ftálico nitro sustituido en el Esquema 2 (ver la página 71).

7. Así pues, los procesos de WO 02/059206 requieren del uso de una etapa de reacción adicional y de agentes reductores costosos (e-g., paladio) con el fin de proporcionar el grupo amino deseado del producto final. Además, no solo el agente reductor es costoso, sino que también tiene que ser removido de la mezcla de reacción, lo cual es difícil de hacer y también costoso, sobre todo en el contexto de un proceso comercial a gran escala. Por ello, aun después de surtido el proceso del Ejemplo 2 de la patente '230, todavía quedan etapas

f

adicionales (y costosas) por realizar con el fin de alcanzar el producto deseado. Además del mayor rendimiento, los procesos de la invención ofrecen ventajas significativas sobre los procesos del estado de la técnica, incluido un menor número de etapas, menos reactivos y facilidad de purificación, todo lo cual contribuye a reducir el costo general del proceso. Si el uso de un ácido amino ftálico sustituido fuese obvio, los inventores de WO 02/059106 lo habrían usado como material de inicio, lo cual habría eliminado la necesidad de la etapa de reducción.

Renuncio al término faltante de traslado, y les solicito otorgar este privilegio de patente de invención.

De Ustedes Atentamente,



LUIS FELIPE CASTILLO GIBSONE
T.P. No. 68.995 del C.S.J.

5

**PROCESOS PARA LA PREPARACIÓN DE
COMPUESTOS 4-AMINO-2-(2,6-DIOXOPIPERIDIN-3-IL)ISOINDOLIN-1,3-DIONA**

1. REFERENCIA CRUZADA A APLICACIONES RELACIONADAS

Esta solicitud reclama prioridad a la Solicitud Provisional U.S. No. 60/696,22, radicada el 30 de junio de 2005.

2. CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención provee procesos para la preparación de compuestos útiles para reducir los niveles o actividad de necrosis tumoral factor α en mamíferos. Más específicamente, la invención provee procesos para la preparación de compuestos sustituidos e insustituidos de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona.

3. ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La producción excesiva o no regulada de necrosis tumoral factor α o TNF- α ha sido implicada en una serie de enfermedades. Estas incluyen endotoxemia y/o síndrome de choque tóxico (Tracey *et al.*, *Nature* 330, 662-664 (1987) y Hinshaw *et al.*, *Circ. SOC* 30, 279-292 (1990)), caquexia (Dezube *et al.*, *Lancet* 335 (8690), 662 (1990)) y Síndrome de Dolor Respiratorio en Adultos (Millar *et al.*, *Lancet* 2 (8665), 712-714 (1989)). Algunas 2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)-1-oxoisoindolinas han demostrado en literatura que reducen los niveles de TNF- α , como en la Publicación Internacional No. WO 98/03502 y Muller *et al.*, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 9, 1625-1630 (1999).

Una isoindol-1,3-diona sustituida que ha demostrado ciertos valores terapéuticos es 2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindol-1,3-diona (THALOMIDTM). Se ha demostrado o se cree que este compuesto es útil para el tratamiento o prevención de una amplia variedad de enfermedades y condiciones, más no limitadas a enfermedades inflamatorias, enfermedades autoinmunes, cánceres, enfermedades del corazón, enfermedades genéticas, enfermedades alérgicas, osteoporosis y lupus.

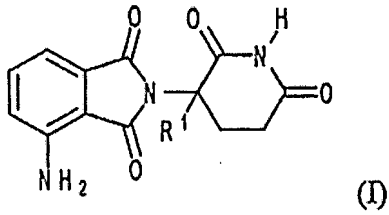
Los métodos actuales para sintetizar compuestos sustituidos e insustituidos de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindol-1,3-diona se describen en las Patentes Nos. U.S. 6,395,754 y 5,635,517. Si bien estos métodos permiten y son útiles para la preparación de compuestos sustituidos e insustituidos de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindol-1,3-diona. Se requieren métodos alternativos o mejorados para su preparación, en particular a escala de manufactura.

La cita de ninguna referencia en la Sección 2 de esta solicitud, ello no debe interpretarse como una admisión de que dicha referencia es técnica anterior a esta solicitud.

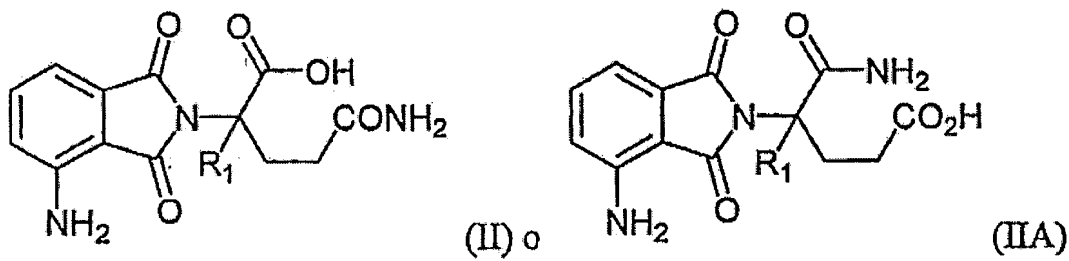
4. RESUMEN DE LA INVENCIÓN

La presente invención provee procesos eficientes para la preparación de compuestos sustituidos e insustituidos de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindol-1,3-diona, en particular 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindol-1,3-diona insustituida.

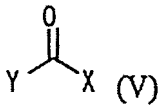
En un aspecto, la invención provee un proceso para la preparación de un compuesto sustituido o insustituido de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindol-1,3-diona de la Fórmula (I):



o una sal farmacéuticamente aceptable, solvato, incluido un hidrato, o polimorfo de lo mismo, en donde el proceso comprende el paso de cicizar un compuesto de N-(3-aminoftaloil)-glutamina de la Fórmula (II) o un compuesto de N-(3-aminoftaloil)-isoglutamina de la Fórmula (IIA):



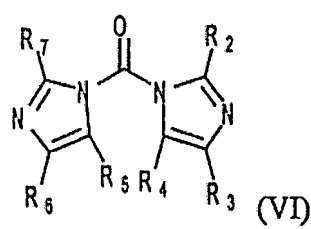
o una sal del mismo con un agente ciclizador de la Fórmula (V):



en donde R¹ es H, F, bencil, (C₁-C₈)alquilo, (C₂-C₈)alquenilo, o (C₂-C₈)alquinilo; y cada uno de X y Y es independiente un imidazolil, bencimidazolil o benzotriazolil sustituido o insustituido. En algunas realizaciones R¹ de la Fórmula (I) o (II) es H.

En algunas realizaciones, el agente ciclizador es un compuesto carbonildiimidazol de la Fórmula (VI):

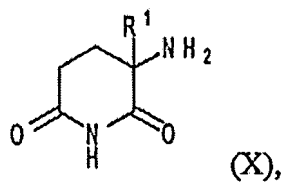
7



en donde cada uno de R², R³, R⁴, R⁵, R⁶ y R⁷ es independientemente HJ, alquilo, halo, nitro, ciano, acilo, alcoxi, ariloxi, alcoxicarbonilo o alcoximetilo. En una realización particular, el compuesto carbonildiimidazol es 1,1'-carbonildiimidazol (es decir, donde cada uno de R², R³, R⁴, R⁵, R⁶ y R⁷ de la Fórmula (VI) es H). En otra realización, la relación del compuesto de la Fórmula (II) a 1,1'-carbonildiimidazol es entre 1:1 y 1:1.2.

En otra realización, la ciclización se presenta en acetronitrilo. En otra realización, la ciclización se presenta en tetrahidrofurano. En otra realización, la temperatura de la reacción de ciclización es entre 80°C y 87°C. En otra realización, el tiempo de reacción de ciclización es entre 1 hora y 5 horas.

En otro aspecto, la invención provee un proceso para preparar un compuesto 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindol-1,3-diona sustituido o insustituido de la Fórmula (I) o una sal farmacéuticamente aceptable, o solvato o polimorfo del mismo, en donde el proceso comprende el paso de reaccionar ácido 3-aminoftálico o una sal del mismo con un compuesto 3-aminoglutarimida de la Fórmula (X) o una sal del mismo:



En un solvente, en donde R¹ es H, F, bencilo, (C₁-C₈)alquilo, (C₂-C₈)alquenilo, o (C₂-C₈)alquinilo; y cada uno de X y Y es independiente un imidazolil, bencimidazolil o benzotriazolil sustituido o insustituido. En algunas realizaciones R¹ de la Fórmula (I) o (II) es H.

En algunas realizaciones, el paso de reacción ocurre en presencia de una base, un ácido o una combinación de lo mismo. En otra realización, el paso de reacción ocurre en la presencia de una base que, en algunos casos, puede ser una trialkilamina, un imidazol sustituido o insustituido, o una mezcla de lo mismo. En algunas realizaciones, el paso de reacción ocurre en presencia de la base y el ácido donde la base puede ser una amina tal como trietilamina y el ácido puede ser un ácido carboxílico tal como ácido acético. En algunas realizaciones, la relación mol de trietilamina a ácido acético es entre 1:10 y 1:1

En otra realización, el solvente es acetonitrilo. Aún en otra realización, la temperatura de reacción es entre 85 y 87°C. En otra realización, el tiempo de reacción es entre 5 y 7 horas aproximadamente.

5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

5.1 Terminología

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término “halo”, “halógeno” o similar significa -F, -Cl, -Br o -I.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término “alquilo” o “grupo alquilo” significa una cadena de hidrocarburos saturada, monovalente, sin ramificar o ramificada. Ejemplos de grupos alquilo incluyen, más no se limitan a grupos (C₁-C₈)alquilo, tales como metilo, etilo, propilo, isopropilo, 2-metil-1-propil, 2-metil-2-propil, 2-metil-1-butil, 3-metil-1-butilo, 2-metil-3-butilo, 2,2-dimetilo-1-propilo, 2-metil-1-pentilo, 3-metil-1-pentilo, 4-metil-1-pentilo, 2-metil-2-pentilo, 3-metil-2-pentilo, 4-metil-2-pentilo, 2,2-dimetil-1-butilo, 3,3-dimetil-1-butilo, 2-etil-1-butilo, butilo, isobutilo, t-butilo, pentilo, isopentilo, neopentilo y hexilo, heptilo y octilo. Un grupo alquilo puede ser sustituido o insustituido con uno o dos sustituyentes apropiados.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término “alqueno” o grupo alqueno” significa una cadena de hidrocarburos monovalente, sin ramificar o ramificada que tiene uno o más enlaces dobles. El enlace doble de un grupo alqueno puede estar conjugado o no conjugado a otro grupo insaturado. Grupos alqueno apropiados incluyen, más no se limitan a grupos (C₂-C₈)alqueno, tales como vinilo, alilo, buteno, penteno, hexeno, butadieno, pentadieno, hexadieno, 2-etilhexeno, 2-propilo-2-butenilo, 4-(2-metil-3-buten)-penteno. Un grupo alqueno puede ser sustituido o insustituido con dos o más sustituyentes apropiados.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término “alquino” o grupo alquino” significa una cadena de hidrocarburos monovalente, ramificada o sin ramificar que tiene uno o más enlaces triples. Un enlace triple de un grupo alquino puede estar conjugado o no conjugado a otro grupo insaturado. Grupos alquino apropiados incluyen, más no se limitan a grupo (C₂-C₈)alquino, tales como etino, propino, butino, pentino, hexino, metilpropilino, 4-metil-1-butino, 4-propil-2-pentino y 4-butil-2-hexino. Un grupo alquino puede ser sustituido o insustituido con uno o dos sustituyentes apropiados.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término “sustituido” utilizado para describir un compuesto o medio químico significa que el menos un átomo de hidrógeno de ese compuesto o medio químico es reemplazado con

9

un segundo medio químico. El segundo medio químico puede ser cualquier sustituyente adecuado que no anule la utilidad sintética o farmacéutica de los de los compuestos de la invención ni los intermedios útiles para prepararlos. Ejemplos de sustituyentes adecuados incluyen, más no se limitan a: (C₁-C₈)alquilo; (C₂-C₈)alquenilo; (C₂-C₈)alquinilo; arilo; (C₂-C₅)heteroarilo; (C₁-C₆)heterocicloalquilo; (C₃-C₇)cicloalquilo; O-(C₁-C₈)alquilo; O-(C₂-C₈)alquenilo; O-(C₂-C₈)alquinilo; O-arilo; CN; OH; oxo; halo, C(O)OH; COhalo; O(CO)halo; CF₃, N₃; NO₂, NH₂; NH((C₁-C₈)alquilo); N((C₁-C₈)alquilo)₂; NH(arilo); N(aril)₂; (CO)NH₂; (CO)NH((C₁-C₈)alquilo)₂; (CO)NH(arilo); (CO)N(aril)₂; O(CO)NH₂; NHOH; NOH((C₁-C₈)alquilo); NOH(arilo); O(CO)NH((C₁-C₈)alquilo); O(CO)N((C₁-C₈)alquilo)₂; O(CONH(aril); O(CO)N(arilo)₂; CHO; CO((C₁-C₈)alquilo); CO(arilo); C(O)O((C₁-C₈)alquilo); C(O)O(arilo); O(CO)((C₁-C₈)alquilo)-; O(CO)(arilo); O(CO)O((C₁-C₈)alquilo); O(CO)O(arilo); S-(C₁-C₈)alquilo; S-(C₁-C₈)alquenilo; S-(C₁-C₈)alquinilo; y S-arilo. La persona versada en la técnica podrá escoger rápidamente un sustituyente apropiado basado en la estabilidad y actividad farmacológica y sintética del compuesto de la invención.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, una composición que es "sustancialmente libre" de un compuesto significa que la composición contiene menos de aproximadamente 20% por peso, más preferiblemente menos de aproximadamente 10% por peso, aún más preferiblemente menos de aproximadamente 5% por peso, y más preferiblemente, menos de aproximadamente 3% por peso del compuesto.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término "estereoquímicamente puro" significa una composición que comprende un estereoisómero de un compuesto y está sustancialmente libre de otros estereoisómeros de ese compuesto. Por ejemplo, una composición estereoméricamente pura de un compuesto que tiene un centro quiral estará sustancialmente libre del enantiómero opuesto del compuesto. Una composición estereoméricamente pura de un compuesto que tenga dos centros quirales estará sustancialmente libre de otros diastereómeros del compuesto. Un compuesto típico estereoméricamente puro comprende más de 80% por peso de un estereoisómero del compuesto y menos de aproximadamente 20% por peso de otros estereoisómeros del compuesto, más preferiblemente más de aproximadamente 90% por peso de un estereoisómero del compuesto y menos de aproximadamente 10% por peso de los otros estereoisómeros del compuesto, aún más preferiblemente más de aproximadamente 95% por peso de un estereoisómero del compuesto y menos de aproximadamente 5% por peso de los otros estereoisómeros del compuesto, y más preferiblemente, más de aproximadamente 97% por peso de un estereoisómero del compuesto y menos de aproximadamente 3% por peso de los otros estereoisómeros del compuesto.

10

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término "enantioméricamente puro" significa una composición estereoméricamente pura de un compuesto que tiene un centro quiral.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término "racémico" o "racemato" significa aproximadamente 50% de un enantiómero y aproximadamente 50% del enantiómero correspondiente con respecto a todos los centros quirales en la molécula. La invención abarca todas las mezclas enantioméricamente puras, enantioméricamente enriquecidas, diastereoméricamente puras, diastereoméricamente enriquecidas y mezclas racémicas de los compuestos de la invención.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término "proceso(s) de la invención" o "proceso(s) para preparar" o "proceso(s) para la preparación" se refiere a los métodos que se describen aquí y que son útiles para preparar un compuesto de la invención. La presente invención también abarca modificaciones a los métodos descrito (por ej: materiales de inicio, reactivos, grupos protectores, solventes, temperaturas, tiempos de reacción, purificación).

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término "adición", "reacción" o similar significa contactar un grupo reactivo, solvente, catalizador o similar con otro grupo reactivo, solvente, catalizador o similar. Grupos reactivos, solventes, catalizadores o similares pueden adicionarse en forma individual, simultánea o separada y puede adicionarse en cualquier orden. Pueden adicionarse en presencia o ausencia de calor y opcionalmente pueden adicionarse bajo una atmósfera inerte. "Reaccionar" puede referirse a formación *in situ* o reacción intramolecular cuando los grupos reactivos estén en la misma molécula.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, una reacción que está "sustancialmente completa" o que se lleva a "terminación sustancial" significa que la reacción contiene más de aproximadamente 80% por rendimiento porcentual, más preferiblemente más de aproximadamente 90% por rendimiento porcentual, aún más preferiblemente más de aproximadamente 95% por rendimiento porcentual, y más preferiblemente más de aproximadamente 97% por rendimiento porcentual del producto deseado.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término "sal farmacéuticamente aceptable" incluye, más no se limita a sales de grupos ácidos o básicos que pueden estar presentes en los compuestos de la invención. Compuestos de la invención que son básicos por naturaleza pueden formar una amplia variedad de sales con varios ácidos orgánicos e inorgánicos. Los ácidos que pueden utilizarse para preparar sales farmacéuticamente aceptables de dichos compuestos son aquellos que forman sales que comprenden aniones farmacológicamente aceptables, incluidos, más

no limitados a acetato, bencenosulfonato, benzoato, bicarbonato, bitartrato, bromuro, camsilato, carbonato, cloruro, bromuro yoduro, citrato, dihidrocloruro, edetato, edisilato, estolato, esilato, fumarato, gluceptato, gluconato, glutamato, glicolilarsanilato, hexilresorcinato, hidrabamina, hidroxinaftoato, isetionato, lactato, lactobionato, malato, maleato, mandelato, mesilato, metilsulfato, muscato, napsilato, nitrato, pantotenato, fosfato/difosfato, poligalacturonato, salicilato, estearato, succinato, sulfonato, tannato, tartrato, teoclato, trietioduro y pamoato. Compuestos de la invención que incluyan un grupo amino también pueden formar sales farmacéuticamente aceptables con varios aminoácidos, además de los ácidos arriba mencionados. Compuestos de la invención que son ácidos por naturaleza pueden formar sales de base con varios cationes farmacológicamente aceptables. Ejemplos no limitantes de dichas sales incluyen sales de metal álcali o sales de metal térreo alcalino y, en particular, sales de calcio, magnesio, sodio, litio, cinc, potasio y hierro.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término "hidrato" significa un compuesto de la presente invención o una sal del mismo, que además incluye un volumen estequiométrico o no estequiométrico de agua ligado por fuerzas intermoleculares no covalentes.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término "solvato" significa un solvato formado de la asociación de una o más moléculas solventes a un compuesto de la presente invención. El término "solvato" incluye hidratos (por ej: mono-hidrato, dihidrato, trihidrato, tetrahidrato y similares).

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, el término "polimorfo" incluye formas cristalinas sólidas de un compuesto de la presente invención o un complejo de lo mismo. Diferentes polimorfos del mismo compuesto pueden exhibir diferentes propiedades físicas, químicas y/o espectroscópicas.

Tal como se usa en este contexto y salvo indicación al contrario, la frase "enfermedades o condiciones relacionadas con un nivel o actividad anormalmente alta de TNF- α " significa enfermedades o condiciones que no resultarían, resistirían o causarían síntomas si el nivel o actividad de TNF- α fuera más bajo o enfermedades o condiciones que puedan evitarse o tratarse reduciendo el nivel o actividad de TNF- α .

Tal como se usa en este contexto, y salvo indicación al contrario, los términos "tratar", "para tratar" y "tratamiento" contemplan una acción que se presenta mientras un paciente sufre de la enfermedad o trastorno específico, que reduzca la gravedad o los síntomas de la enfermedad o trastorno o retarde o demore el progreso o los síntomas de la enfermedad o trastorno.

Acrónimos o símbolos de los grupos o reactivos tienen la siguiente definición: HPLC=cromatografía líquida de alto rendimiento, CH₃CN= acetonitrilo; DMF=dimetil

formamida, DMSO= dimetil sulfóxido, THF=tetrahidrofurano, CH_2Cl_2 =cloruro de metileno y CDI= 1,1'-carbonildiimidazol.

En caso de discrepancia entre una estructura representada y el nombre que se le dé a esa estructura, se le dará más peso a la estructura representada. Además, si no se indica la estereoquímica de una estructura o una porción de la misma, por ej: en negrilla o con líneas intermitentes, la estructura o porción de la misma deberá interpretarse como que abarca todos sus estereoisómeros.

La invención podrá entenderse más completamente por referencia a la siguiente descripción detallada y ejemplos ilustrativos, todo lo cual pretende ejemplificar realizaciones no limitantes de la invención.

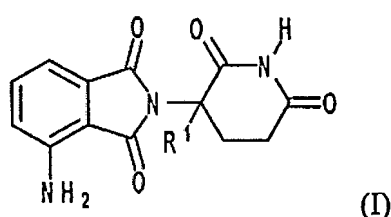
5.2 Procesos de la Invención

La presente invención provee procesos para preparar compuestos sustituidos e insustituidos de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona. En general, los procesos de la presente invención pueden abarcar medios mejorados o eficientes para la producción comercial o a grande escala de compuestos sustituidos e insustituidos de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona.

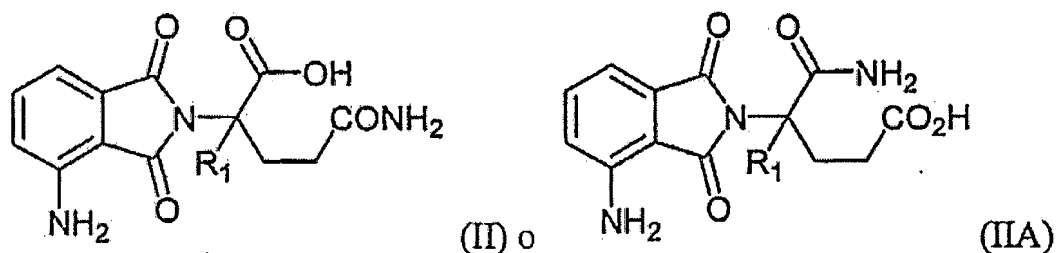
Los compuestos sustituidos e insustituidos de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona también pueden usarse para preparar composiciones farmacéuticas y/o formas de dosificación para tratar una amplia variedad de enfermedades y condiciones, incluidas, más no limitadas a enfermedades inflamatorias, enfermedades autoinmunes, cánceres, enfermedades cardíacas, enfermedades genéticas, enfermedades alérgicas, osteoporosis y lupus. En general, las composiciones farmacéuticas pueden comprender al menos uno de los compuestos de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona o una sal farmacéuticamente aceptable, solvato, polimorfo o estereoisómero de la misma. Las composiciones farmacéuticas pueden ser administradas a pacientes que sean tratados para una amplia variedad de enfermedades o condiciones. Opcionalmente, las composiciones farmacéuticas pueden comprender al menos un vehículo, excipiente, diluyente, un segundo agente activo o una combinación de lo mismo. En algunas realizaciones, las composiciones farmacéuticas son utilizadas en la preparación de formas de dosificación de unidad individual o sola. Las formas de dosificación de individuales son adecuadas para administración oral, mucosal (por ej: sublingual, nasal, vaginal, cística, rectal, prepucial, ocular, bucal o aural), parenteral (por ej: subcutánea, intravenosa, inyección de bolo, intramuscular o intraarterial), tópica (por ej: gotas ópticas u otras preparaciones oftálmicas), transdermal o transcutánea a un paciente. Ejemplos no limitantes de formas de dosificación incluyen tabletas, cápsulas (por ej: cápsulas de gelatina elástica blandas), sobres, pastillas para chupar, dispersiones, supositorios, polvos, aerosoles (por ej: inhaladores o aerosoles nasales), geles, formas de dosificación líquida

adecuadas para administración oral o mucosal a un paciente, incluidas suspensiones (por ej: suspensiones líquidas acuosas o no acuosas, emulsiones aceite-en-agua o emulsiones agua-en-aceite), soluciones y elixires, formas de dosificación líquida adecuadas para administración parenteral a un paciente, gotas ópticas u otras preparaciones oftálmicas adecuadas para administración tópica y sólidos estériles (por ej: sólidos cristalinos o amorfos) que puedan ser reconstituidos para proveer formas de dosificación líquida para administración parenteral a un paciente.

En algunas realizaciones, la invención provee procesos para preparar compuestos de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona de la Fórmula (I):



o una sal farmacéuticamente aceptable, solvato, polimorfo o estereoisómero de lo mismo, que comprende el paso de ciclicizar un compuesto N-(3-aminoftaloilo) de la Fórmula (II), un compuesto N-(3-aminoftaloil)-isoglutamina de (II A) o una sal de lo mismo:



con un agente ciclizador en donde R^1 es H, F, bencilo, (C_1-C_8) alquilo, (C_2-C_8) alqueno, o (C_2-C_8) alquino.

En una realización, R^1 de la Fórmula (I) y/o (II) es H. En una realización particular, R^1 de la Fórmula (I) y/o (II) es (C_1-C_8) alquilo. En otra realización, R^1 de la Fórmula (I) y/o (II) es metilo. En otra realización, el solvato es un hidrato.

La ciclización del compuesto de la Fórmula (II) con el agente ciclizador puede presentarse en un solvente tal como acetonitrilo, etil acetato, acetona, metil etil cetona, dietil éter, tetrahidrofurano, diclorometano, cloroformo, N-metil pirrolidinona, dimetil formamida, dimetil sulfóxido y combinaciones de lo mismo. En una realización, el solvente es acetonitrilo. En otra realización, el solvente es acetonitrilo en ebullición.

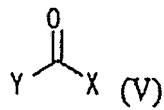
La temperatura de reacción puede ser cualquier temperatura útil para la reacción de ciclización según cualquier persona versada en la técnica. Por ejemplo, en algunas

14

realizaciones, la temperatura de la reacción de ciclización puede variar entre 20°C y 100°C. En algunas realizaciones, la temperatura de la reacción de ciclización es entre 50°C y 90°C. En otras realizaciones, la temperatura de la reacción de ciclización es entre 80°C y 87°C. En una realización en particular, la temperatura de la reacción de ciclización es el punto de ebullición (es decir entre 81-82°C a 1 presión atmosférica) de acetonitrilo.

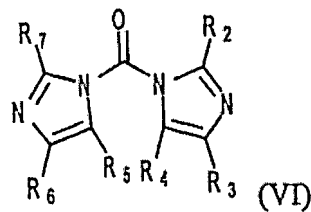
El tiempo de la reacción de ciclización puede ser cualquier periodo útil para la reacción de ciclización según una persona versada en la técnica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el tiempo de la reacción de ciclización puede variar entre 1 y 24 horas, dependiendo de la temperatura de la reacción. En general, entre más alta sea la temperatura de la reacción, más corto será el tiempo de la reacción. En una realización, el solvente es acetonitrilo, la temperatura de la reacción es entre 80°C y 87°C y el tiempo de la reacción es entre 1 y 5 horas.

El agente de ciclización puede ser cualquier químico que pueda causar una reacción de formación de anillo entre el grupo amida y el grupo carboxílico de la Fórmula (II) o IIA). En algunas realizaciones, el agente de ciclización puede tener la siguiente fórmula:



donde cada uno de X y Y es independientemente un imidazolilo, bencimidazolilo o benzotriazolilo sustituido o insustituido. El agente de ciclización de la Fórmula (V) quede adquirirse de un Proveedor comercial o preparado según cualquier método aparente para una persona ordinariamente versada en la técnica. Por ejemplo, el agente de ciclización de la Fórmula (V) puede prepararse mediante la reacción de fosgeno (COCl₂) con un compuesto 1H-imidazol, 1H bencimidazol o 1H-benzotriazol sustituido o insustituido. La reacción entre fosgeno y un compuesto 1H-imidazol se describe en Batey *et al.*, *Tetrahedron Lett.*, 1998, 39, 6267. La reacción entre fosgeno y un compuesto 1H-benzotriazol se describe en Katritzsky *et al.*, *J. Org. Chem.*, 1997, 62, 4155.

En algunas realizaciones, el agente de ciclización es un compuesto carbonildiimidazol que tiene la fórmula

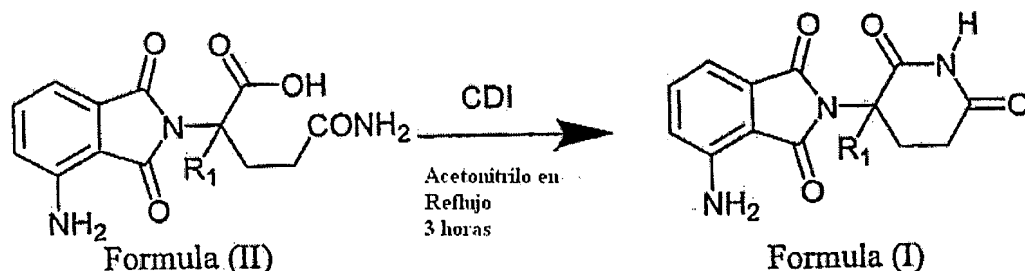


donde cada uno de R^2 , R^3 , R^4 , R^5 , R^6 y R^7 es independientemente H, alquilo, halo, nitro, ciano, acilo, alcoxi, arilo, alcoxycarbonilo o alcoximetilo.

El compuesto carbonildiimidazol de la Fórmula (VI) puede adquirirse de un Proveedor comercial o prepararse según cualquier método aparente para una persona ordinariamente versada en la técnica. Por ejemplo, el compuesto de carbonildiimidazol de la Fórmula (VI) puede prepararse mediante la reacción de fosgeno (COI_2) con un compuesto 1H-imidazol sustituido o insustituido o una combinación de lo mismo. Algunos ejemplos no limitantes del compuesto 1H-imidazol adecuados para esta invención incluyen 1H-imidazol, 2-metil-1H-imidazol, 1H-imidazol-5-carbaldehído, 2-etil-1H-imidazol, 2-isopropil-1H-imidazol, 2-etil-5-metil-1H-imidazol, 2-propil-1H-imidazol, 2-nitro-1H-imidazol, 5-nitro-1H-imidazol, metil 1H-imidazol-5-carboxilato, 4-(2-metoxietil)-1H-imidazol, 2-metil-5-nitro-1H-imidazol y 5-metil-4-nitro-1H-imidazol, todos los cuales pueden obtenerse de un proveedor comercial tal como Aldrich Chemicals, Milwaukee, WI o prepararse por métodos conocidos por una persona ordinariamente versada en la técnica. Ejemplos no limitantes del compuesto carbonildiimidazol incluyen 1-1'-carbonildiimidazol, 2,2'-dimetil-1,1'-carbonildiimidazol, 2,2'-dietil-1,1'-carbonildiimidazol, 2,2'-diisopropil-1,1'-carbonildiimidazol y 2,2'-dinitro-1,1'-carbonildiimidazol, todos los cuales pueden obtenerse comercialmente de un proveedor tal como Aldrich Chemicals, Milwaukee, WI, o prepararse según el método arriba descrito. En una realización, el compuesto carbonildiimidazol es 1,1'-carbonildiimidazol.

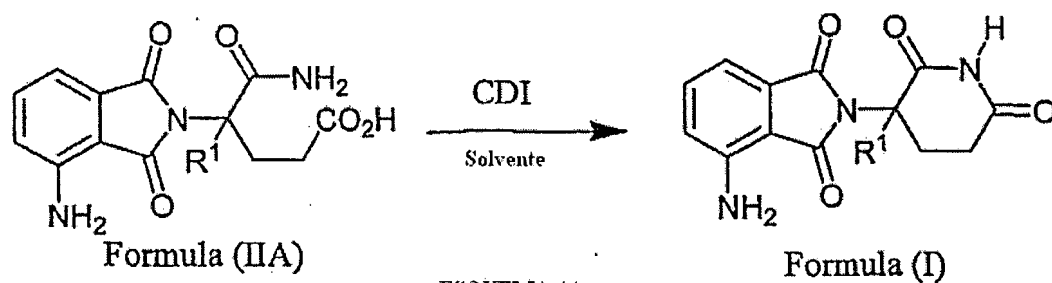
En otras realizaciones, el agente de ciclización es seleccionado de la Fórmula (V), SOCl_2 , POCl_3 , derivados de SOCl_2 , derivados de POCl_3 y combinaciones de lo mismo. La reacción de ciclización puede promoverse o catalizarse además usando una base en adición al agente de ciclización. La base puede seleccionarse del grupo compuesto por aminas orgánicas tales como trietilamina, piridina, derivados de piridina y combinaciones de lo mismo.

En una realización en particular, el compuesto de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona de la Fórmula (I) puede prepararse por la ciclización del compuesto N-(3-aminofaloil)-glutamina de la Fórmula (II) o una sal del mismo con 1,1'-carbonildiimidazol (CDI) en acetonitrilo en reflujo por aproximadamente 3 horas según se muestra en el Esquema A siguiente. Alternativamente, la misma reacción puede ocurrir en N-metil pirrolidinona o tetrahidrofurano por un periodo entre 13 y 15 horas a temperatura ambiente. En algunas realizaciones, R^1 en el Esquema A es H.



La relación del compuesto de la Fórmula (II) con 1,1'-carbonildiimidazol puede ser cualquier relación útil para la reacción de ciclización según una persona versada en la técnica. Por ejemplo, la relación del compuesto de la Fórmula (II) con 1,1'-carbonildiimidazol puede ser entre 2:1 y 1:2. En algunas realizaciones, la relación del compuesto de la Fórmula (II) con 1,1'-carbonildiimidazol es entre 1:1 y 1:1.5. En otras realizaciones, la relación del compuesto de la Fórmula (II) con 1,1'-carbonildiimidazol es entre 1:1 y 1:1.2. En una realización, la ciclización de la Fórmula (II) con 1,1'-carbonildiimidazol ocurre en acetonitrilo entre 1 y 24 horas. En otra realización, la ciclización de la Fórmula (II) ocurre en acetonitrilo en reflujo durante 3 horas.

En otra realización, el compuesto 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-yl)isoindolin-1,3-diona de la Fórmula (I) puede prepararse mediante la ciclización del compuesto N-(3-aminoftaloilo)-isoglutamina de la Fórmula (IIA) o una sal del mismo, con 1,1'-carbonildiimidazol (CDI) en un solvente, tal como acetonitrilo, N-metil pirrolidinona y tetrahidrofurano según se muestra en el Esquema A' siguiente. La reacción puede ocurrir a una temperatura entre temperatura ambiente y 150°C durante aproximadamente 30 minutos y 24 horas.



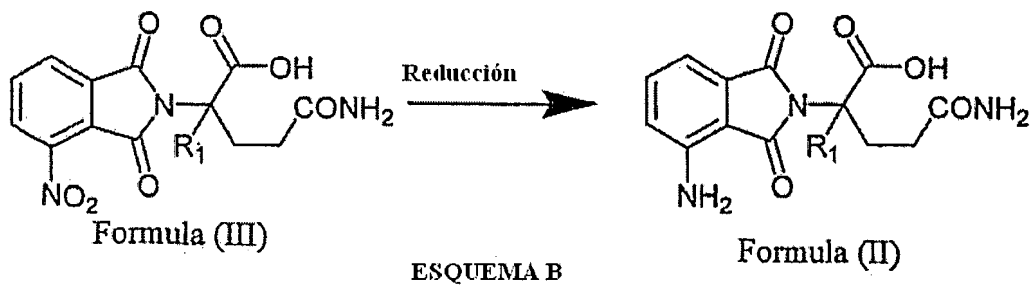
En una realización, el compuesto de la Fórmula (I) puede ser una amina libre. Opcionalmente, la amina libre de la Fórmula (I) puede convertirse en una sal ácida mediante la reacción de la amina libre de la Fórmula (I) con el correspondiente ácido en una relación mole de aproximadamente 1:1. Algunos ejemplos no limitantes de ácidos adecuados incluyen ácido metanosulfónico, ácido trifluoroacético, ácido 4-(trifluorometil)benzónico, ácido p-toluensulfónico, ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido sulfúrico y ácido fosfórico. En una realización, el compuesto 4-amino-2-(2,6-

17

dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona de la Fórmula (I) es convertido en una sal clorhidrica conocido clorhídrico a una temperatura entre 0°C y 22°C.

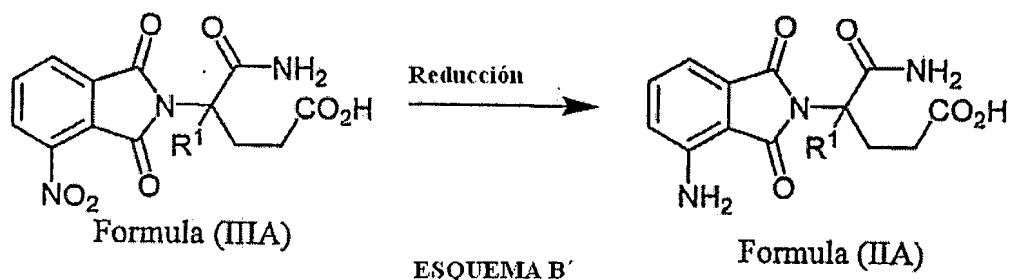
Si se desea un compuesto racémico de la Fórmula (I), en la reacción de ciclización se puede usar un compuesto racémico N-(3-aminoftaloil)-glutamina de la Fórmula (II). Por el contrario, si se desea un compuesto enantioméricamente puro de la Fórmula (I), se puede usar un compuesto enantioméricamente puro de N-(3-aminoftaloil)-glutamina de la Fórmula (II). Alternativamente, si se desea un compuesto enantioméricamente puro de la Fórmula (I), se puede preparar una mezcla racémica de la Fórmula (I) y luego resolverse en los enantiómeros mediante técnicas de resolución convencionales tales como resolución biológica y resolución química. En general, la resolución biológica utiliza un microbio que metaboliza un enantiómero específico dejando solo al otro. En la resolución química, la mezcla racémica se convierte en dos diastereoisómeros que pueden separarse por técnicas convencionales tales como cristalización y cromatografías fraccionales. Una vez separadas, las formas diastereoisoméricas pueden volverse a convertir a los enantiómeros.

El compuesto de la Fórmula (II) puede prepararse por cualquier método conocido por una persona versada en la técnica. Por ejemplo, el compuesto de la Fórmula (II) puede prepararse reduciendo el grupo nitro del compuesto de la Fórmula (III) en un grupo amina según se muestra en el Esquema B siguiente:



en donde R¹ es H, F, bencilo, (C₁-C₈)alquilo, (C₂-C₈)alquenilo, o (C₂-C₈)alquinilo. En algunas realizaciones, R¹ en el Esquema B es H.

Igualmente, el compuesto de la Fórmula (IIA) puede prepararse reduciendo el grupo nitro del compuesto de la Fórmula (IIIA) a un grupo amina según se muestra en el Esquema B' siguiente:



En los Esquemas B y B' anteriores, los compuestos de las Fórmula (III) y (IIIA) pueden reducirse a los compuestos de la Fórmulas (II) y (IIA) respectivamente, por cualquier agente reductor conocido en la técnica que pueda reducir un grupo nitro a una amina primaria. Algunos ejemplos no limitantes de dichos agentes reductores incluyen hidrógeno más un catalizador (hidrogenación catalítica), reducir metales en un ácido tal como ácido clorhídrico y ácido acético, sulfuro de sodio en solución de hidróxido de amonio, cinc en solución de formato de amonio, magnesio en solución de monoformato de hidrazinio y cloruro de estaño en ácido clorhídrico diluido. Algunos ejemplos no limitantes de un catalizador de hidrogenación adecuado incluye metal paladio (Pd), metal platino (Pt) y derivados y complejos de Pd y Pt. El catalizador de hidrogenación puede disolverse en un solvente; o dispersarse o recubrirse en la superficie de un soporte catalizador tal como carbono y partículas inorgánicas tales como alúmina, sílice, silicatos de aluminio y similares. Algunos ejemplos no limitantes de metales reductores adecuados incluyen hierro, amalgama de cinc, cinc y estaño. En una realización en particular, el agente reductor es hidrógeno más un catalizador. En otra realización, el catalizador es un catalizador Pd. En otra realización, el catalizador es 5% Pd/C. En otra realización, el catalizador es 10% Pd/C. También se puede usar un catalizador de hidrogenación húmedo o seco.

Por lo general, la hidrogenación catalítica se hace a una presión de hidrógeno que lleva la reacción a un completamiento sustancial. En una realización en particular, la hidrogenación catalítica se hace a una presión de hidrógeno entre 2,76 bar (es decir, 40 psi o 276 kPa) a aproximadamente 4,14 bar (es decir, 60 psi o 414 kPa).

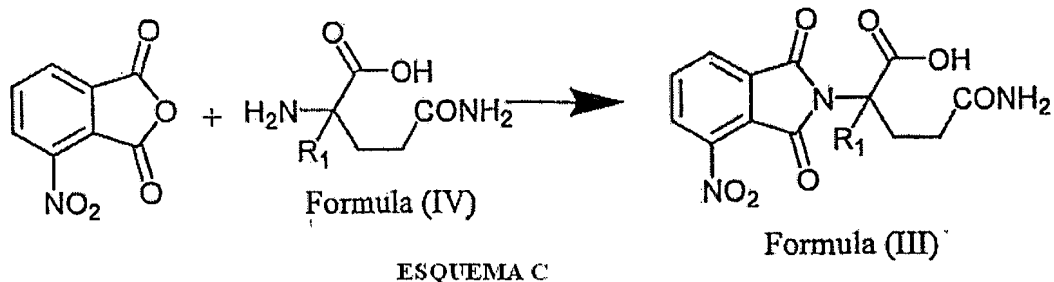
En una realización, la hidrogenación catalítica se corre a temperatura ambiente. Por lo general, la hidrogenación catalítica se hace hasta que la reacción esté sustancialmente completa. En una realización en particular, la hidrogenación catalítica se hace entre 1 y 24 horas a una temperatura entre 15°C y 30°C. En otra realización, la hidrogenación catalítica se hace entre 2 y 3 horas a una temperatura entre 19°C y 24°C.

En una realización, la hidrogenación catalítica ocurre a una temperatura entre 18°C y 24°C durante 2-3 horas en metanol en presencia de 10% Pd/C. Se puede usar un catalizador de hidrogenación húmedo o seco. En otra realización, la hidrogenación catalítica ocurre a una presión entre 40 (2,76 bar o 276 kPa) a aproximadamente 50 psi (3,45 bar o 345 kPa).

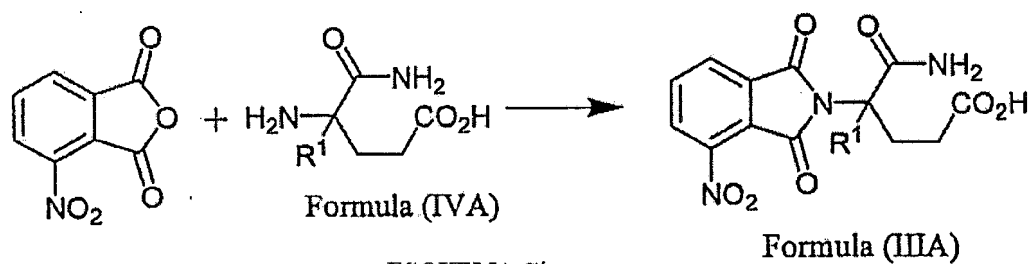
La hidrogenación catalítica puede ocurrir en un solvente. En una realización, la hidrogenación catalítica se hace en un solvente prótico, como alcoholes, agua y combinaciones de lo mismo. En otra realización el solvente de alcohol es seleccionado del grupo compuesto por metanol, etanol, propanol, isopropanol, butanol, isobutanol, *t*-butanol y combinaciones de lo mismo. En otra realización, la hidrogenación catalítica se hace en un solvente polar, aprótico tal como acetona, DMSO, DMF y THF. En una realización, el solvente es un solvente prótico. En otra realización, el solvente para la hidrogenación catalítica es metanol. En otras realizaciones, se usan mezclas de solventes.

Si se desea un compuesto racémico de la Fórmula (II) o (IIA), se puede usar un compuesto racémico de la Fórmula (III) o (IIIA). Por el contrario, si se desea un compuesto enantioméricamente puro de la Fórmula (II) o (IIA), se puede usar un compuesto enantioméricamente puro de la Fórmula (III) o (IIIA). Alternativamente, si se desea un compuesto enantioméricamente puro de la Fórmula (II) o (IIA), se puede preparar una mezcla racémica de la Fórmula (II) o (IIA) y luego resolverla en los enantiómeros mediante técnicas de resolución convencionales tales como resolución biológica y resolución química.

El compuesto de la Fórmula (III) puede prepararse por cualquier método conocido por una persona ordinariamente versada en la técnica. Por ejemplo, el compuesto de la Fórmula (III) puede prepararse mediante la reacción de anhídrido 3-nitroftálico con una glutamina de la Fórmula (IV) según se muestra en el Esquema C siguiente. R¹ es según se define antes. En algunas realizaciones, R¹ en el Esquema C es H.



Igualmente, el compuesto de la Fórmula (IIIA) puede prepararse mediante la reacción de anhídrido 3-nitroftálico con una isoglutamina de la Fórmula (IVA) según se muestra en el Esquema C' siguiente. R¹ es según se define antes. En algunas realizaciones, R¹ en el Esquema C es H.



La reacción entre anhídrido 3-nitroftálico y la glutamina de la Fórmula (IV) o la isoglutamina de la Fórmula (IVA) puede ocurrir en un solvente como acetonitrilo, acetato de etilo, acetona, metil etil cetona, dietil éter, tetrahidrofurano, diclorometano, cloroformo, N-metil pirrolidinona, dimetil formamida, dimetil sulfóxido y combinaciones de lo anterior. En una realización, el solvente es dimetil formamida.

La temperatura de la reacción puede ser cualquier temperatura útil para la reacción del Esquema C o C' según una persona ordinariamente versada en la técnica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la temperatura de la reacción entre anhídrido 3-nitroftálico y la Fórmula (IV) o (IVA) puede ser entre 20°C y 90°C. En algunas realizaciones, la temperatura de la reacción es entre 60°C y 90°C. En otras realizaciones, la temperatura de la reacción es entre 80°C y 90°C.

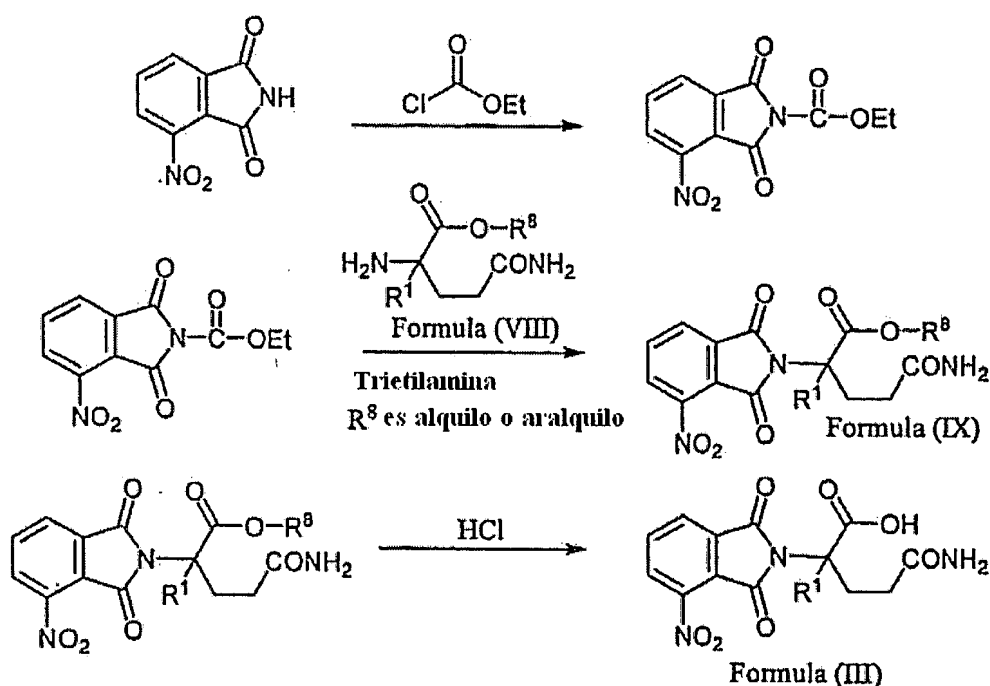
El tiempo de reacción puede ser cualquier tiempo útil para la reacción del Esquema C o C' según una persona ordinariamente versada en la técnica. Por ejemplo, el tiempo de reacción puede variar entre 1 hora y 24 horas, dependiendo de la temperatura de la reacción. Por lo general, entre más alta sea la temperatura de la reacción, menor será el tiempo de la reacción. En una realización en particular, el tiempo de reacción es de aproximadamente 8 horas a una temperatura de reacción entre 80°C y 90°C.

Si se desea un compuesto racémico de la Fórmula (III) o (IIIA), se puede usar una glutamina racémica de la Fórmula (IV) o (IVA). Por el contrario, si se desea un compuesto enantioméricamente puro de la Fórmula (III) o (IIIA), se puede usar una glutamina enantioméricamente pura de la Fórmula (IV) o (IVA). Ejemplos no limitantes de glutamina de la Fórmula (IV) incluyen D-glutamina y L-glutamina, las cuales se pueden obtener de un proveedor comercial como Aldrich, Milwaukee, WI. Alternativamente, si se desea un compuesto enantioméricamente puro de la Fórmula (III) o (IIIA), se puede preparar una mezcla racémica de la Fórmula (III) o (IIIA) y luego resolverla en los enantiómeros mediante técnicas de resolución convencionales tales como resolución biológica y resolución química.

El anhídrido 3-nitroftálico puede obtenerse comercialmente de un proveedor como Aldrich Chemical o prepararse por cualquier método conocido en la técnica. Además, el compuesto de la Fórmula (VII) puede prepararse mediante la reacción de anhídrido maléico con una glutamina de la Fórmula (IV) según las condiciones descritas arriba.

para la reacción entre anhídrido 3-nitroftálico con el compuesto de glutamina de la Fórmula (IV).

Alternativamente, el compuesto de la Fórmula (III) puede prepararse de acuerdo con el procedimiento que se muestra en el Esquema D siguiente. Con referencia al Esquema D', R^1 es según se define antes y R^8 es alquilo tal como t-butilo o aralquilo tal como bencilo. En algunas realizaciones, R^1 en el Esquema D es H y R^8 es t-butilo. En otras realizaciones, R^1 en el Esquema D es H y R^8 es bencilo.



ESQUEMA D

Con referencia al Esquema D, 3-nitroftalimida puede reaccionar con cloroformato de etilo en un solvente en la presencia de un catalizador tal como trietilamina para formar 3-nitro-N-etoxicarbonil-ftalimida. Algunos ejemplos no limitantes de solventes adecuados incluyen acetonitrilo, acetato de etilo, acetona, metil etil cetona, dietil éter, tetrahidrofurano, diclorometano, cloroformo, N-metil pirrolidinona, dimetil formamida dimetil sulfóxido y combinaciones de lo anterior. En una realización, el solvente es dimetil sulfóxido. La temperatura de la reacción puede ser cualquier temperatura útil para la reacción según una persona ordinariamente versada en la técnica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la temperatura puede ser entre 0°C y 5°C . El tiempo de reacción puede ser cualquier tiempo útil para la reacción según una persona ordinariamente versada en el técnica. Por ejemplo, el tiempo de reacción puede variar entre 1 hora y 24 horas, dependiendo de la temperatura de la reacción. Por lo general, entre más alta sea la temperatura de la reacción, más corto será el tiempo de reacción. En una realización en particular, el tiempo de reacción es entre 4 horas a $0-5^\circ\text{C}$.

El t-butilo o bencilo N-(3-nitroftaloil)-glutamina de la Fórmula (IX) puede adquirirse o prepararse mediante la reacción de 3-nitro-N-etoxicarbonil-ftalimida con un glutamina éster t-butilo o bencilo de la Fórmula (VIII) o una sal ácida de lo mismo sal

22

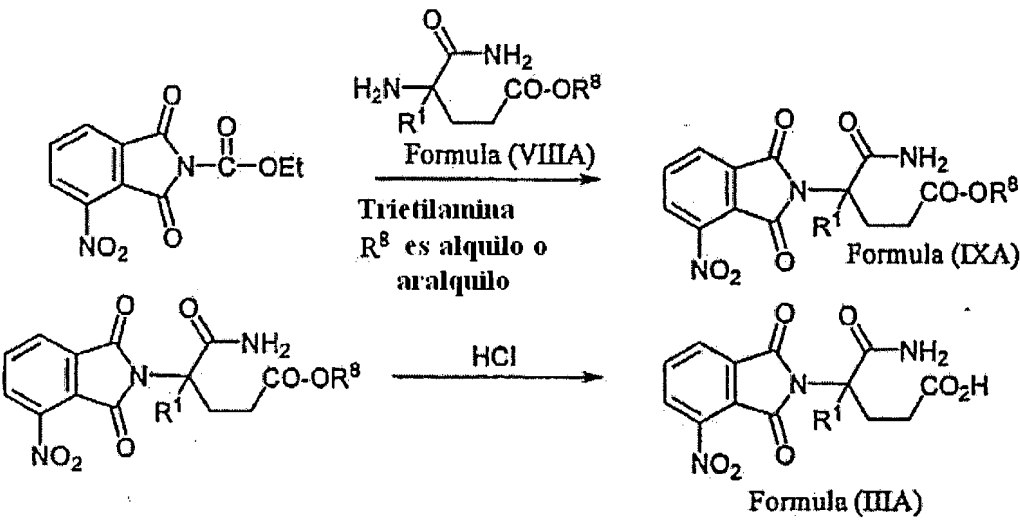
como sal de clorhidrato, donde R^1 es H, F, bencilo, (C_1-C_8) alquilo, (C_2-C_8) alquenilo, o (C_2-C_8) alquinilo; y R^8 es t-butilo o bencilo, en un solvente en presencia de un catalizador tal como trietilamina. En algunas realizaciones se usa una mezcla racémica de clorhidrato de glutamina t-butil éster para preparar la Fórmula (IX). En algunas realizaciones, se usa una mezcla racémica de clorhidrato de L-glutamina t-butil éster para preparar la Fórmula (IX). En otras realizaciones, se usa clorhidrato de D-glutamina t-butil éster para preparar la Fórmula (IX). Algunos ejemplos no limitantes de solventes adecuados incluyen acetonitrilo, acetato de etilo, acetona, metil etil cetona, dietil éter, tetrahidrofurano, diclorometano, cloroformo, N-metil pirrolidinona, dimetil formamida, dimetil sulfóxido y combinaciones de lo mismo. En una realización, el solvente es tetrahidrofurano. La temperatura de la reacción puede ser cualquier temperatura útil para la reacción según una persona ordinariamente versada en la técnica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la temperatura de la reacción puede ser entre 25°C y aproximadamente 100°C. El tiempo de reacción puede ser cualquier tiempo útil para la reacción según una persona ordinariamente versada en la técnica. Por ejemplo, el tiempo de reacción puede variar entre aproximadamente 1 hora y 48 horas, dependiendo de la temperatura de la reacción. Por lo general, entre más alta sea la temperatura de la reacción, más corto será el tiempo de la reacción. En una realización en particular, el tiempo de reacción es de aproximadamente 24 horas a aproximadamente 65-66°C.

La reacción entre cloruro de hidrógeno y t-butil N-(3-nitroftaloil)-glutamina de la Fórmula (IX) en un solvente puede dar el compuesto de la Fórmula (III). Algunos ejemplos no limitantes de solvente adecuado incluyen acetonitrilo, acetato de etilo, acetona, metil etil cetona, dietil éter, tetrahidrofurano, diclorometano, cloroformo, N-metil pirrolidinona, dimetil formamida, dimetil sulfóxido y combinaciones de lo mismo. En una realización, el solvente es diclorometano. La temperatura de la reacción puede ser cualquier temperatura útil para la reacción según una persona ordinariamente versada en la técnica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la temperatura de la reacción puede ser entre 0°C y aproximadamente 100°C. El tiempo de reacción puede ser cualquier tiempo útil para la reacción según una persona ordinariamente versada en la técnica. Por ejemplo, el tiempo de reacción puede variar entre aproximadamente 1 hora y 24 horas, dependiendo de la temperatura de la reacción. Por lo general, entre más alta sea la temperatura de la reacción, más corto será el tiempo de la reacción. En una realización en particular, el tiempo de reacción es de aproximadamente 16 horas a aproximadamente 20-25°C.

Haciendo referencia al Esquema D, si se desea un compuesto racémico de la Fórmula (III), se puede usar un t-butil N-(3-nitroftaloil)-glutamina racémico de la Fórmula (VIII). Por el contrario, si se desea un compuesto enantioméricamente puro de la Fórmula (III), se puede usar un t-butil N-(3-nitroftaloil)-glutamina enantioméricamente puro de la Fórmula (VIII). Alternativamente, si se desea un compuesto

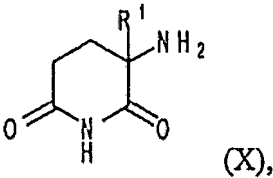
enantioméricamente puro de la Fórmula (III), se puede preparar una mezcla racémica de la Fórmula (III) y luego resolverla en los enantiómeros mediante técnicas de resolución convencionales tales como resolución biológica y resolución química. Por lo general, una resolución biológica usa un microbio que metaboliza un enantiómero específico dejando solo al otro. En resolución química, la mezcla racémica es convertida en dos diastereoisómeros que pueden ser separados por técnicas convencionales tales como cristalización fraccional y cromatografías. Una vez separadas, las formas diastereoisoméricas pueden volver a ser convertidas a los enantiómeros.

En algunas realizaciones, el compuesto de la Fórmula (IIIA) puede prepararse de acuerdo con los procedimientos que muestra el Esquema D' siguiente, los cuales son similares a los procedimientos del Esquema D. Haciendo referencia a las Fórmulas (VIIIA), (IXA) y (IIIA), R^1 y R^8 son según se definen arriba. En algunas realizaciones, R^1 en el Esquema D' es H y R^8 es t-butilo. En otras realizaciones, R^1 en el Esquema D' es H y R^8 es bencilo



ESQUEMA D'

Alternativamente, el compuesto 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona de la Fórmula (I), o una sal farmacéuticamente aceptable, solvato, polimorfo o estereoisómero del mismo puede prepararse reaccionando el ácido 3-aminoftálico o una sal del mismo con un compuesto 3-aminoglutarimida de la Fórmula (X) o una sal del mismo:

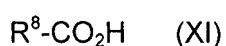


en un solvente, en donde R^1 es H, F, bencilo, (C_1-C_8) alquilo, (C_2-C_8) alquenoilo, o (C_2-C_8) alquinilo. En algunas realizaciones, R^1 de la Fórmula (X) es H.

El compuesto 3-aminoglutarimida puede obtenerse comercialmente de un proveedor como Evotec OLAI, Hamburgo, Alemania; o prepararse de acuerdo con los métodos descritos en la literatura tal como en Capitosti *et al.*, *Organic Letters*, 2003, Vol. 5, No. 16 págs 2865-2867. En algunas realizaciones, el compuesto 3-aminoglutarimida de la Fórmula (X) es 3-aminoglutarimida (es decir, donde R^1 de la Fórmula (X) es H) o su sal. Algunos ejemplos no limitantes de sales adecuadas de la Fórmula (X) incluyen sales de ácido carboxílico, sal de ácido metanosulfónico, sal de ácido trifluoroacético, sal de ácido 4-(trifluorometil)benzóico, sal de ácido p-toluensulfónico, sal de ácido clorhídrico, sal de ácido bromhídrico, sal de ácido nítrico, sal de ácido sulfúrico y sal de ácido fosfórico.

La anterior reacción de condensación o acoplamiento entre el ácido 3-aminoftálico o una sal del mismo y el compuesto de la Fórmula (X) o una sal del mismo puede ocurrir en la presencia de un catalizador. El catalizador puede ser una base, un ácido como un ácido carboxílico, o una combinación de lo mismo. En algunas realizaciones, el catalizador es o comprende una base. Algunos ejemplos no limitantes de bases adecuadas incluyen hidróxidos álcali, hidróxidos alcalinos, carboxilatos álcali (por ej: acetato de sodio), carbonatos álcali o carbonatos de hidrógeno (por ej: carbonato de hidrógeno sódico), bases heterocíclicas (por ej: pirrolidina, pirrolidinona, piperidina, piperidinona, pirrol, piridina, imidazol, bencimidazol, benzotriazol sustituidos o insustituidos, y similares), aminas y combinaciones de lo anterior. En algunas realizaciones, el catalizador es o comprende una amina. Algunos ejemplos no limitantes de aminas adecuadas incluyen alquilaminas (por ej: etilamina), dialquilaminas (por ej: dietilamina), trialquilaminas (por ej: trietilamina y *N,N*-diisopropiletilamina), arilaminas (por ej: fenilamina), diarilaminas (por ej: difenilamina), alquilarilaminas (por ej: *N*-metilanilina), triarilaminas (por ej: trifenilamina), dialquilarilaminas (por ej: *N,N*-dimetanilina), y alquildiarilaminas (por ej: *N*-metildifenilamina). En una realización, el catalizador es o comprende trietilamina, imidazol insustituido o una combinación de lo mismo.

En algunas realizaciones, el catalizador es o comprende un ácido carboxílico que tiene la Fórmula (XI):



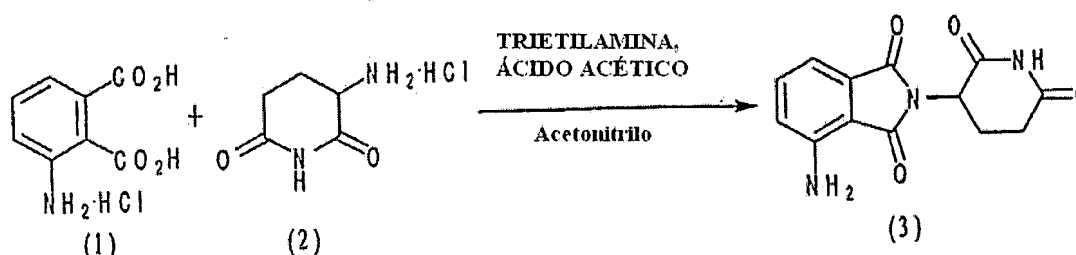
en donde R^8 es alquilo, arilo, alcarilo, aralquilo, heterociclilo o una combinación de lo anterior. En algunas realizaciones, el ácido carboxílico es o comprende un ácido carboxílico alifático tal como ácido acético. En otras realizaciones, el catalizador comprende al menos una de las aminas y al menos uno del ácido carboxílico de la Fórmula (XI). En una realización en particular, el catalizador comprende trietilamina y ácido acético.

El solvente para la reacción de condensación puede ser cualquier solvente que pueda dispersar o disolver tanto el ácido 3-aminoftálico y una sal del mismo, como el compuesto 3-aminoglutarimida de la Fórmula (X) o una sal del mismo. Ejemplos no limitantes de solventes adecuados incluyen acetonitrilo, acetato de etilo, acetona, metil etil cetona, dietil éter, tetrahidrofurano, diclorometano, cloroformo, N-metil pirrolidinona, dimetil formamida, dimetil sulfóxido, tolueno, acetato de isopropilo, alcohol isopropílico, n-propanol y combinaciones de lo mismo. En una realización, el solvente es acetonitrilo.

La temperatura de la reacción de condensación puede ser cualquier temperatura útil para la reacción según una persona versada en la técnica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la temperatura de reacción de la condensación puede ser entre 25°C y 100°C.

El tiempo de reacción de la condensación puede ser cualquier tiempo útil para la reacción según una persona versada en la técnica. Por ejemplo, el tiempo de reacción puede variar entre 1 y 48 horas, dependiendo de la temperatura de la reacción. Por lo general, entre más alta sea la temperatura de la reacción, más corto será el tiempo de la reacción. En una realización en particular, el tiempo de reacción es entre 5 horas y 7 horas a una temperatura de reacción entre 80°C y 90°C.

En una realización, el compuesto de la Fórmula (I) es IX) 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona (es decir, donde R1 de la Fórmula (I) es H) el cual se prepara según el Esquema E siguiente. Haciendo referencia al Esquema E, clorhidrato de -ácido 3-aminoftálico [es decir, el Compuesto (1)] reacciona con clorhidrato de 3-aminoglutarimida (es decir, donde R1 de la Fórmula (X) es H) [es decir., el Compuesto (2)] en un solvente como acetonitrilo en la presencia de un catalizador que comprende trietilamina y ácido acético. En algunas realizaciones, la relación mole de trietilamina a ácido acético es entre 1:10 y 10:1. En otras realizaciones, la relación mole de trietilamina a ácido acético es entre 1:10 y 1:1. En otras realizaciones, la relación mole de trietilamina a ácido acético es de aproximadamente 1:2.



Esquema E

El compuesto 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona de la Fórmula (I) puede purificarse por cualquier técnica de purificación convencional tal como recristalización, extracción, cromatografía y similar. En algunas realizaciones, el

compuesto de la Fórmula (I) es purificado por recristalización. En otras realizaciones, el compuesto de la Fórmula (I) es 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona (es decir, donde R1 de la Fórmula (I) es H), el cual puede purificarse por recristalización con una mezcla de solventes que comprende dimetil sulfóxido y agua. En otras realizaciones, la relación de dimetil sulfóxido a agua en la mezcla de solvente es entre 1:10 y 10:1 por volumen. En otra realización, la relación de dimetil sulfóxido a agua en la mezcla de solvente es entre 1:4 y 1:9 por volumen.

Realizaciones particulares de la presente invención se ilustran por las síntesis de los Ejemplos 1-17 según los Esquemas A-E y modificaciones de los mismos. Para una persona versada en la técnica serán aparentes las modificaciones de variables, incluidos, más no limitados a solventes de reacción, tiempos de reacción, temperaturas de reacción, reactivos, materiales de inicio y grupos funcionales en las realizaciones particulares de la síntesis de 4-amino-2-(2,6-dioxopiperidin-3-il)isoindolin-1,3-diona o una sal de ácido del mismo.

6. EJEMPLOS

Ejemplo 1 – Preparación de N-(3-nitroftaloil)-glutamina según el Esquema C.

Se agregó una mezcla de DMF (37 L), anhídrido 3-nitroftálico (4080 g, 21.1 moles) y L-glutamina (3020 g, 20.7 moles) a un frasco de fondo redondo equipado con un agitador mecánico, un condensador, un termómetro, una entrada de nitrógeno y un manto de calentamiento. La mezcla de la reacción se agitó a 80-87°C durante 8 horas. La temperatura de la reacción se mantuvo por debajo de 90°C en todo momento. El progreso de la reacción se monitoreó por HPLC usando una columna Waters Nova-Pak C18 (3,9x150 mm, tamaño de partícula = 4 micrones, longitud de onda UV = 240 nm, tiempo de retención = 3,64 minutos) y una mezcla 10/90 de acetonitrilo y 0,1% de H₃PO₄ acuoso por volumen como eluyente a una tasa de flujo de 1 mL/min. Una vez se completó la reacción, se dejó enfriar la mezcla de la reacción a temperatura ambiente y luego se concentró a un aceite (se retiró cerca del 90% de DMF) a presión reducida (400 mtorr en bomba) en un baño caliente a 40°C. El aceite se agitó con agua (39,7 L) durante 6 horas para producir una suspensión. El sólido en la suspensión se filtró, se lavó con agua (8,8 L), se secó al aire y luego se secó en un horno al vacío a 60°C y presión de <1mm. El rendimiento del producto crudo fue 4915 g (pureza 92,9% por HPLC). El producto crudo se purificó además dispersándolo en acetato de etilo en una relación de 10 mL de acetato de etilo a 1 g del producto crudo. Luego de que la dispersión se agitó de un día para otro, se filtró y el sólido filtrado se secó para dar 4780 g (70%) del producto. Se encontró que la pureza del producto fue de 99,62% por HPLC usando una columna Waters nova-Pak/C18 (3,9x150mm, tamaño de partícula = 4 micrones, longitud de onda UV = 240 nm, tiempo de retención = 5,0 minutos) y una mezcla eluyente de acetonitrilo y 0,1% de H₃PO₄ acuoso en una relación de 10:90 por volumen a una tasa de flujo de 1 mL/min. El producto en DMSO-_{d6} se caracterizó por un

27

espectro ^1H NMR que muestra los siguientes desplazamientos químicos (δ , ppm): 13.32 (b, 1H), 8.33 (d, $J=7.9\text{ Hz}$, 1H), 8.22 (d, $J=7.4\text{ Hz}$), 8.11 (t, $J=7.8\text{ Hz}$), 7.20 (s, 1H), 6.47 (s, 1H), 4.83-4.77 (dd, $J=4.6$ y 9.7 Hz , 1H), 2.37-2.12 (m, 4H); y por un espectro ^{13}C NMR que muestra los siguientes desplazamientos químicos (δ , ppm): 173.24, 170.05, 165.44, 162.77, 144.47, 136.71, 133.00, 128.85, 127.27, 122.55, 51.88, 31.32, 23.89. Se encontró que el punto de fusión del producto es de 180-182°C. Un análisis elemental produjo los siguientes resultados en porcentaje peso: C, 48.75; H, 3.48; N, 13.07, que comparados con los valores calculados para $\text{C}_{13}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_7$, en porcentaje peso: C, 48.60; H, 3.45; N, 13.08.

Ejemplo 2. Preparación de N-(3-Aminoftaloil)-glutamina según el Esquema B.

Se agregó una mezcla del Ejemplo 1 (4780, 14.88 moles), 10% Pd/C (120 g) y se hidrogenó metanol (44 L) a 50 psi durante 2.5 horas en un reactor de hidrogenación de 100 L. El progreso de la reacción se monitoreó por HPLC usando una columna Waters Nova-Pak C18 (3,9x150 mm, tamaño de partícula = 4 micrones, longitud de onda UV = 240 nm, tiempo de retención = 3,64 minutos) y una mezcla eluyente de acetonitrilo y 0,1% de H_3PO_4 acuoso en una relación de 10:90 por volumen a una tasa de flujo de 1 mL/min. La mezcla se filtró a través de un paño de celita y el paño de celita se lavó con metanol (6 L). El filtrado se concentró al vacío en un material gomoso. El material gomoso se agitó con acetato de etilo (22 L) de un día para otro para formar una suspensión. La suspensión se filtró y el sólido amarillo filtrado se secó con acetato de etilo (10 L). El sólido amarillo se secó al aire y luego se secó en un horno al vacío a 60°C y presión de <1 mm para dar 4230 del producto. Se encontró que la pureza del producto era de 99.75% por HPLC usando una columna Waters Nova-Pak/C18 (3,9x150mm, tamaño de partícula = 4 micrones, longitud de onda UV = 240 nm, tiempo de retención = 3.64 minutos) y una mezcla eluyente de acetonitrilo y 0,1% de H_3PO_4 acuoso en una relación de 10:90 por volumen a una tasa de flujo de 1 mL/min. El producto en $\text{DMSO-}d_6$ se caracterizó por un espectro ^1H NMR que muestra los siguientes desplazamientos químicos (δ , ppm): 13.10 (b, 1H), 7.507.43 (dd, $J=7.0$ y 8.4 Hz), 7.24 (s, 1H), 7.03-6.98 (dd, $J=5.0$ y 8.4 Hz , 2H), 6.75 (s, 1H), 6.52 (s, 2H), 4.70-4.74 (dd, $J=4.5$ y 10.5 Hz , 1H), 2.41-2.04 (m, 4H); y por un espectro ^{13}C NMR que muestra los siguientes desplazamientos químicos (δ , ppm): 173.16, 170.81, 168.94, 167.68, 146.70, 135.41, 132.07, 121.63, 110.93, 108.68, 50.77, 31.38, 24.08. Se encontró que el punto de fusión del producto es de 177-179°C. Un análisis elemental produjo los siguientes resultados en porcentaje peso: C, 53.61; H, 4.47; N, 14.31, que comparados con los valores calculados para $\text{C}_{13}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_5$, en porcentaje peso: C, 53-60; H, 4.50; N, 14.43.

Ejemplo 3.

Se agregó una mezcla de acetonitrilo (42 L) y el Ejemplo 2 (2120 g, 7,28 moles) a un frasco de fondo redondo equipado con un agitador mecánico, un condensador, una

entrada de nitrógeno y un manto de calentamiento para formar una solución. Cuando la solución se agitó y calentó a una temperatura entre 40 y 45°C, se agregó 1,1'-carbonildiimidazol (1290 g, 7.95 moles). La mezcla de la reacción se agitó y se sometió a reflujo durante 4.5 horas. El progreso de la reacción se monitoreó por HPLC usando una columna Waters Nova-Pak C18 (3,9x150 mm, tamaño de partícula = 4 micrones, longitud de onda UV = 240 nm, tiempo de retención = 3,64 minutos) y una mezcla eluyente de acetonitrilo y 0,1% de H₃PO₄ acuoso en una relación de 20:80 por volumen a una tasa de flujo de 1 mL/min. Una vez enfriada a temperatura ambiente, la mezcla de la reacción se filtró para dar un sólido amarillo que luego se lavó con acetonitrilo (6.5 L). El sólido amarillo se dejó secar al aire y luego se secó al vacío en un horno a 60°C y presión de <1mm para dar 1760 g (88%) del producto. Se encontró que la pureza del producto fue de 99,57% por HPLC usando una columna Waters Nova-Pak/C18 (3,9x150mm, tamaño de partícula = 4 micrones, longitud de onda UV = 240 nm, tiempo de retención = 3,64 minutos) y una mezcla eluyente de acetonitrilo y 0,1% de H₃PO₄ acuoso en una relación de 20:80 por volumen a una tasa de flujo de 1 mL/min. El producto en DMSO-_d₆ se caracterizó por un espectro ¹H NMR que muestra los siguientes desplazamientos químicos (δ, ppm): 11.10 (s, 1H), 7.47 (t, J=7.9Hz, 1H), 7.03-6.99 (dd, J=4.8 y 8.4 Hz, 2H), 6.52 (s, 2H), 5.09-5.02 (dd, J=5.3 y 12.4 Hz, 1H), 2.96-2.82 (m, 1H), 2.62-2.46 (m, 2H), 2.07-2.00 (m, 1H); y por un espectro ¹³C NMR que muestra los siguientes desplazamientos químicos (δ, ppm): 172.82, 170.11, 168.57, 167.37, 146.71, 135.46, 131.99, 121.70, 110.97, 108.52, 48.47, 30.97, 22.14. Se encontró que el punto de fusión del producto es de 315.5-317.5°C. Un análisis elemental produjo los siguientes resultados en porcentaje peso: C, 56.98; H, 3.86; N, 15.35, que comparados con los valores calculados para C₁₃H₁₁N₃O₄, en porcentaje peso: 57.14; H, 4.06; N, 15.38

Ejemplo 4. Preparación de 3-Nitro-N-etoxicarbonil-ftalimida según el Esquema D..

Se agregó cloroformato de etilo (1.89 g, 19.7 mmol) en gotas durante 10 minutos, a una solución agitada de 3-nitroftalimida (3.0 g, 15.6 mmol) y trietilamina (1.78 g, 17.6 mmol) en DMF (20 mL) a aproximadamente 0-5°C bajo nitrógeno. Se dejó calentar la reacción a temperatura ambiente y se agitó durante 4 horas. La mezcla de la reacción se agregó lentamente a una mezcla agitada de hielo y agua (60 mL). Se filtró la mezcla y el sólido se cristalizó de CHCl₃ (15 mL) y éter de petróleo (15 mL) para dar 3.1 g (75%) del producto como un sólido color hueso: mp 100.0-100.5°C; ¹H NMR (CDCl₃) δ 8.25 (d, J=7.5 Hz, 1H), 8.20 (d, J=8.0 Hz, 1H), 8.03 (t, J=7.9 Hz, 1H), 4.49 (q, J=7.1 Hz 2H), 1.44 (t, J=7.2 Hz, 3H); ¹³C NMR (CDCl₃) δ 161.45, 158.40, 147.52, 145.65, 136.60, 132.93, 129.65, 128.01, 122.54, 64.64, 13.92; HPLC, Waters Nova-Pak/C18, 3.9x150 mm, 4 micrones, 1 mL/min, 240 nm, 30/70, CH₃CN/0.1% H₃PO₄(aq), 5.17 min (98.11%); Análisis calculado para C₁₁H₈N₂O₆; C, 50.00; H, 3.05; N, 10.60. Se encontró: C, 50.13; H, 2.96; N, 10.54.

Ejemplo 5 – Preparación de t-Butil N-(3-nitroftaloil)-L-glutamina

Se sometió a reflujo durante 24 horas una mezcla del Ejemplo 4 (1.0 g, 3.8 mmol), clorhidrato de L-glutamina t-butil éster (0.9 g, 3.8 mmol) y trietilamina (0.54 g, 5.3 mmol) en THF (30 mL). El solvente THF se retiró al vacío y el residuo se disolvió en CH_2Cl_2 (50 ml). La solución CH_2Cl_2 se lavó con agua (2x15 mL) y salmuera (15 mL) y luego se secó. Se retiró el solvente y el residuo se purificó por cromatografía instantánea (CH_2Cl_2 :EtOAc/7:3) para dar 0.9 g (63%) de un material vidrioso: ^1H NMR (CDCl_3) δ 8.15 (d, $J=7.9$ Hz, 2H), 7.94 (t, $J=7.8$ Hz), 5.57 (b, 2H), 4.84 (dd, $J=5.1$ y 9.7 Hz, 1H), 2.53-2.30 (m, 4H), 1.43 (s, 9H); HPLC, Waters Nova-Pak/C18, 3.9x150 mm, 4 micrones, 1 mL/min, 240 nm, 30/70, $\text{CH}_3\text{CN}/0.1\%$ $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$, 6.48 min (99.68%); Análisis quiral, Daicel Chiral Pak AD, 0.4x25 Cm, 1 mL/min, 240 nm, 5.32 min. (99.39%); Se calculó análisis para $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{N}_3\text{O}_7$; C, 54.11; H, 5.08; N, 11.14. Se encontró: C, 54.21; H, 5.08; N, 10.85.

Ejemplo 6 - Preparación de N-(3-Nitroftaloil)-L-glutamina

Se burbujó gas de cloruro de hidrógeno en una solución fría agitada (5°C) del Ejemplo 5 (5.7 g, 15.1 mmol) en CH_2Cl_2 (100 mL) durante 25 minutos. Luego se agitó la mezcla a temperatura ambiente durante 16 horas. Se agregó éter (50 ml) y la mezcla resultante se agitó durante 30 minutos. La suspensión se filtró para dar 4.5 g de sólido el cual se usó en la siguiente reacción: ^1H NMR ($\text{DMSO}-d_6$) δ 8.36 (dd, $J=0.8$ y 8.0 Hz), 8.24 (dd, $J=0.8$ y 7.5 Hz, 1H), 8.11 (t, $J=7.9$ Hz, 1H), 7.19 (b, 1H), 6.72 (b, 1H), 4.80 (dd, $J=3.5$ y 8.8 Hz, 1H), 2.30-2.10 (m, 4H).

Ejemplo 7 - Preparación de (S)-3-(3'-Nitroftalimido)-piperidin-2,6-diona

Se enfrió una mezcla de suspensión del Ejemplo 6 (4.3 g, 13.4 mmol) en CH_2Cl_2 anhidro (170 mL) a -40°C con un baño de alcohol isopropílico (IPA)/hielo seco. Se agregó en gotas cloruro de tionilo (1.03 mL, 14.5 mmol) seguido por piridina (1.17 mL, 14.5 mmol). Luego de 30 minutos se agregó trietilamina (2.06 mL, 14.8 mmol) y la mezcla se agitó entre -30° y -40°C durante 3 horas. La mezcla se filtró y lavó con CH_2Cl_2 para dar 2.3 g (57%) del producto crudo. El producto crudo se recrystalizó a partir de acetona (300 mL) para dar 2 g del producto como un sólido blanco: mp 259.0-284.0°C (dec.); ^1H NMR ($\text{DMSO}-d_6$) δ 11.19 (s, 1H), 8.34 (d, $J=7.8$ Hz, 1H), 8.23 (d, $J=7.1$ Hz, 1H), 8.12 (t, $J=7.8$ Hz, 1H), 5.25-5.17 (dd, $J=5.2$ y 12.7 Hz, 1H), 2.97-2.82 (m, 1H), 2.64-2.44 (m, 2H), 2.08-2.05 (m, 1H); ^{13}C NMR ($\text{DMSO}-d_6$) δ 172.67, 169.46, 165.15, 162.50, 144.42, 136.78, 132.99, 128.84, 127.27, 122.53, 49.41, 30.84, 21.71; HPLC, Waters Nova-Pak(C18, 3.9x150 mm, 4 micrones, 1 mL/min, 240 nm, 10/90 $\text{CH}_3\text{CN}/0.1\%$ $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$, 4.27 min (99.63%); análisis calculado para $\text{C}_{13}\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_6$: C, 51.49; H, 2.99; N, 13.86. Se encontró: C, 51.67; N, 13.93; H, 13.57.

Ejemplo 8 – Preparación de (S)-3(3'-Aminoftalimido)-piperidin-2,6-diona

Se hidrogenó una mezcla de (S)-3-(3'-nitroftalimido)-piperidina-2,6-diona (0.76 g, 2.5 mmol) y 10% Pd/C (0.3 g) en acetona (200 mL) en un aparato Parr-Shaker a 50 psi de hidrógeno durante 24 horas. La mezcla se filtró a través de celita y el filtrado se concentró al vacío. El sólido se agitó con acetato de etilo durante 30 minutos para dar 0.47 g (69%) del producto como un sólido amarillo: mp 309-310°C; ^1H NMR ($\text{DMSO}-d_6$) δ 11.10 (s, 1H), 7.47 (dd, $J=7.2$ y 8.3 Hz, 1H), 7.04-6.99 (dd, $J=6.9$ y 8.3 Hz, 2H), 6.53 (s, 2H), 5.09-5.02 (dd, $J=5.3$ y 12.4 Hz, 1H), 2.96-2.82 (m, 1H), 2.62-2.46 (m, 2H), 2.09-1.99 (m, 1H). ^{13}C NMR ($\text{DMSO}-d_6$) δ 172.80, 170.10, 168.57, 167.36, 146.71, 135.44, 131.98, 121.69, 110.98, 108.54, 48.48, 30.97, 22.15; HPLC, Waters Nova-Pak/C18, 3.9x150 mm, 4 micrones, 1 mL/min, 240 nm, 15/85 $\text{CH}_3\text{CN}/0.1\%$ $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$, 4.99 min (98.77%); Análisis quiral, Daicel Chiral Pak AD, 0.4x25 cm, 1 mL/min, 240 nm, 30/70 Hexano/IPA 9.55 min. (1.32%), 12.55 min (97.66%); se calculó análisis para $\text{C}_{13}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_4$; C, 57.14; H, 4.06; N, 15.38. Se encontró: C, 57.15; H, 4.15; N, 14.99.

Ejemplo 9 – Preparación de t-Butil-N-(3-nitroftaloil)-D-glutamina

Se sometió a reflujo durante 24 horas una mezcla del Ejemplo 4 (5.9 g, 22.3 mmol), D-glutamina t-butil éster (4.5 g, 22.3 g) y trietilamina (0.9 g, 8.9 mmol) en THF (100 mL). La mezcla se diluyó con CH_2Cl_2 (100mL) y se lavó con agua (2x50 mL), salmuera (50 mL) y se secó. El solvente se retiró al vacío y el residuo se purificó por cromatografía instantánea (2% CH_3OH en CH_2Cl_2) para dar 6.26 g (75%) del producto como un material vidrioso: ^1H NMR (CDCl_3) δ 8.12 (d, $J=7.5$ Hz, 2H), 7.04 (dd, $J=7.9$ y 9.1 Hz, 1H), 5.50 (b, 1H), 5.41 (b, 1H), 4.85 (dd, $J=5.1$ y 9.8 Hz, 1H), 2.61-2.50 (m, 2H), 2.35-2.27 (m, 2H), 1.44 (s, 9H); ^{13}C NMR (CDCl_3) δ 173.77, 167.06, 165.25, 165.21, 145.07, 135.56, 133.78, 128.72, 127.27, 123.45, 82.23, 53.18, 32.27, 27.79, 24.42; HPLC, Waters Nova-Pak/C18, 3.9x140 mm, 4 micrones, 1 mL/min, 240 nm, 25/75 $\text{CH}_3\text{CN}/0.1\%$ $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$, 4.32 min (99.74%); Análisis quiral, Daicel Chiral Pak AD, 0.46x25 cm, 1 mL/min, 240 nm, 55/45 Hexano/IPA 5.88 min (99.68%); se calculó análisis para $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{N}_3\text{O}_7$; C, 54.11; H, 5.08; N, 11.14. Se encontró: C, 54.25; H, 5.12; N, 10.85.

Ejemplo 10 - Preparación de N-(3-Nitroftaloil)-D-glutamina

Se burbujeó gas de cloruro de hidrógeno en una solución fría agitada (5°C) del Ejemplo 9 (5.9 g, 15.6 mmol) en CH_2Cl_2 (100 mL) durante 1 hora. Luego se agitó la mezcla a temperatura ambiente durante otra hora. Se agregó éter (50 ml) y la mezcla resultante se agitó durante 30 minutos. La mezcla se filtró, se lavó con éter (60 mL) y se secó (40°C, <1mm Hg) para dar 4.7 g (94%) del producto: ^1H NMR ($\text{DMSO}-d_6$) δ 8.33 (d, $J=7.8$ Hz, 1H), 8.22 (d, $J=7.2$ Hz, 1H), 8.11 (t, $J=7.8$ Hz, 1H), 7.19 (b, 1H), 6.72 (b, 1H), 4.81 (dd, $J=4.6$ y 9.7 Hz, 1H), 2.39-2.12 (m, 4H);

0.8 y 8.0 Hz), 8.24 (dd, $J=0.8$ y 7.5 Hz, 1H), 8.11 (t, $J=7.9$ Hz, 1H), 7.19 (b, 1H), 6.72 (b, 1H), 4.80 (dd, $J=3.5$ y 8.8 Hz, 1H), 2.30-2.10 (m, 4H); ^{13}C NMR ($\text{DMSO}-d_6$) δ

21

173.21, 169.99, 165.41, 162.73, 144.45, 136.68, 132.98, 128.80, 127.23, 122.52, 51.87, 31.31, 23.87.

Ejemplo 11 – Preparación de (R)-3-(3'-Nitroftalimido)-piperidin-2,6-diona

Se enfrió una mezcla de suspensión del Ejemplo 10 (4.3 g, 13.4 mmol) en CH₂Cl₂ anhidro (170 mL) a -40°C con un baño de IPA/hielo seco. Se agregó en gotas cloruro de tionilo (1.7 g, 14.5 mmol) seguido por piridina (1.2 g, 14.5 mmol). Luego de 30 minutos se agregó trietilamina (1.5 g, 14.8 mmol) y la mezcla se agitó a -30-40°C durante 3 horas. La mezcla se filtró, se lavó con CH₂Cl₂ (50 mL) y se secó (60°C, <1 mm Hg) para dar 2.93 g del producto. De filtrado de cloruro de metileno se obtuvieron otros 0.6 g del producto. Se combinaron ambas fracciones (3.53 g) y recrystalizaron a partir de acetona (450 mL) para dar 2.89 g (71%) del producto como un sólido blanco: mp 256.5-257.5°C; ¹H NMR (DMSO-d₆) δ 11.18 (s, 1H), 8.34 (dd, J=0.8 y 7.9 Hz, 1H), 8.23 (dd, J=0.8 y 7.5 Hz, 1H), 8.12 (t, J=7.8 Hz, 1H), 5.22 (dd, J=5.3 y 12.8 Hz 1H), 2.97-2.82 (m, 1H), 2.64-2.47 (m, 2H), 2.13-2.04 (m, 1H); ¹³C NMR (DMSO-d₆) δ 172.66, 169.44, 165.14, 162.48, 144.41, 136.76, 132.98, 128.03, 127.75, 122.52, 49.41, 30.83, 21.70; HPLC, Waters Nova-Pak/C18, 3.9x150 mm, 4 micrones, 1 mL/min, 240 nm, 10/90 CH₃CN/0.1% H₃PO₄(aq), 3.35 min (100%); Análisis calculado para C₁₃H₉N₃O₆; C, 51.49; H, 2.99; N, 13.86. Se encontró: C, 51.555; H, 2.82; N, 13.48.

Ejemplo 12 - Preparación de (R)-3-(3'-Aminoftalimido)-piperidin-2,6-diona

Se hidrogenó una mezcla del Ejemplo 11 (1.0 g, 3.3 mmol) y 10% Pd/C (0.2 g) en acetona (250 mL) en un aparato Parr-Shaker a 50 psi de hidrógeno durante 4 horas. La mezcla se filtró a través de celita y el filtrado se concentró al vacío. El sólido amarillo se suspendió en EtOAc caliente (20 mL) durante 30 minutos para dar 0.53 g (50%) del producto como un sólido amarillo: mp 307.5-309.5°C; ¹H NMR (DMSO-d₆) δ 11.06 (s, 1H), 7.47 (dd, J=7.0 y 8.4 Hz, 1H), 7.02 (dd, J=4.6 y 8.4 Hz, 2H), 6.53 (s, 2H), 5.07 (dd, J=5.4 y 12.5 Hz, 1H), 2.95-2.84 (m, 1H), 2.62-2.46 (m, 2H), 2.09-1.99 (m, 1H). ¹³C NMR (DMSO-d₆) δ 172.78, 170.08, 168.56, 167.35, 146.70, 135.43, 131.98, 121.68, 110.95, 108.53, 48.47, 30.96, 22.14; HPLC, Waters Nova-Pak/C18, 3.9x150 mm, 4 micrones, 1 mL/min, 240 nm, 10/90 CH₃CN/0.1% H₃PO₄(aq), 3.67 min (99.68%); Análisis quiral, Daicel Chiral Pak AD, 0.46x25 cm, 1 mL/min, 240 nm, 30/70 Hexano/IPA 7.88 min. (97.48%); se calculó análisis para C₁₃H₁₁N₃O₄; C, 57.14; H, 4.06; N, 15.38. Se encontró: C, 57.34; H, 3.91; N, 15.14.

Ejemplo 13 – Preparación de 4-Amino-2-(2,6-dioxo-piperidinil)isoindol-1,3-diona Según el Esquema E

Se cargó en un vaso de reacción una mezcla de clorhidrato de ácido 3-aminoftálico (200 g, 0.92 mol de Prosynth Ltd., Suffolk, UK), clorhidrato de 3-

aminoglutarimida (159 g, 0.96 mol de Evotec OAI, Hamburg, Alemania), acetonitrilo (2.0 L) y ácido acético (577 g, 9.6 mol, de Fisher Scientific) Luego, la mezcla se agitó durante 15 minutos, se agregó trietilamina (465.0 g, 4.6 mol de Aldrich, Milwaukee, WI) por gotas durante 30-35 minutos mientras que la temperatura de reacción se mantuvo entre 20-25°C. Luego, la mezcla de la reacción se agitó aún más durante 10-15 minutos y luego se sometió a reflujo aproximadamente entre 85 y 87°C durante aproximadamente 5 a 7 horas o hasta que el control del proceso, es decir, HPLC AP a 240 nm, indicara que <2% del ácido 3-aminoftálico permanecía en la mezcla de la reacción. Una vez la mezcla de la reacción se enfrió entre 20 y 25°C durante 1-2 horas, se cargó 1.0 L durante 15-30 minutos a una temperatura aproximada entre 20 y 25°C. La mezcla de la reacción se agitó aproximadamente entre 15 y 20°C durante 20-30 minutos para proveer un precipitado sólido amarillo, el cual se filtró, lavó con agua DI (3 x 1.0 L) y acetonitrilo (2 x 500 mL) y luego se secó a una temperatura entre 35 y 40°C al vacío a un peso constante a 210.0 g (84%).

Ejemplo 14 - Preparación de 4-Amino-2-(2,6-dioxo-3-piperidinil)isoindol-1,3-diona

El Ejemplo 14 se preparó de manera similar según el procedimiento para el Ejemplo 13, salvo que no había ácido acético; la cantidad de trietilamina se redujo de 4.6 mol a 3.2 mol; y el tiempo de reflujo se aumentó de aproximadamente 5 a 7 horas a aproximadamente 47 horas. Se encontró que la cantidad de 4-Amino-2-(2,6-dioxo-3-piperidinil)isoindol-1,3-diona en la mezcla de la reacción fue de 94%.

Ejemplo 15 - Preparación de 4-Amino-2-(2,6-dioxo-3-piperidinil)isoindol-1,3-diona

El Ejemplo 15 se preparó de manera similar según el procedimiento para el Ejemplo 13, salvo que no había ácido acético y los 4.6 mol de trietilamina se reemplazaron con 9.2 mol de imidazol. Se encontró que la cantidad de 4-Amino-2-(2,6-dioxo-3-piperidinil)isoindol-1,3-diona en la mezcla de la reacción fue de 92%.

Ejemplo 16 - Preparación de 4-Amino-2-(2,6-dioxo-3-piperidinil)isoindol-1,3-diona

El Ejemplo 16 se preparó de manera similar según el procedimiento para el Ejemplo 13, salvo que los 4.6 mol de trietilamina se reemplazaron con 9.2 mol de imidazol. Se encontró que la cantidad de 4-Amino-2-(2,6-dioxo-3-piperidinil)isoindol-1,3-diona en la mezcla de la reacción fue de 85%.

Ejemplo 17 - Preparación de 4-Amino-2-(2,6-dioxo-3-piperidinil)isoindol-1,3-diona

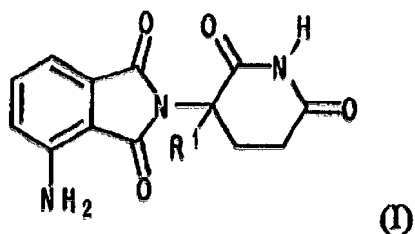
Los racematos y estereómeros del 4-Amino-2-(2,6-dioxo-3-piperidinil)isoindol-1,3-diona como los de los Ejemplos 3, 8 y 12-16 pueden purificarse por recristalización según se describe a continuación. Se cargó una mezcla del Ejemplo 13 crudo (200 g) y DMSO (800 mL) en un vaso de reacción. La suspensión resultante se calentó

aproximadamente entre 45 y 50°C y luego se agitó hasta alcanzar la completa disolución del sólido (entre 10 y 15 minutos). La solución resultante se clarificó entre 45 y 50°C seguida por un enjuague de línea DMSO (400 mL) entre 45-50°C. La solución se agregó a agua purificada (7.2L) entre 75 y 80°C durante al menos 60 minutos. La suspensión que resultó se enfrió entre 15° y 20°C durante cerca de 1.5 horas y se agitó a la misma temperatura entre 1.5 y 2 horas. La suspensión se filtró y el sólido se lavó con agua purificada (2x2 L). El producto purificado se secó al vacío aproximadamente entre 35 y 40°C hasta obtener el peso constante. El rendimiento del producto purificado fue de 198.8 g (98% de recuperación). Se encontró que el punto de fusión del producto purificado fue entre 321-323°C.

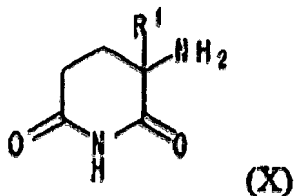
La presente invención no debe limitarse en su alcance por las realizaciones específicas de los ejemplos cuyo propósito es que sirvan como ilustración de unos cuantos aspectos de la invención y otras realizaciones que sean funcionalmente equivalentes están dentro del alcance de esta invención. De hecho, varias modificaciones de la invención además de las que se muestran y describen aquí serán aparentes para las personas versadas en la técnica y su intención es que caigan dentro de las reivindicaciones adjuntas.

Reivindicaciones

1. Un proceso para preparar un compuesto de Fórmula (I):



o una sal o estereoisómero farmacéuticamente aceptable del mismo, que comprende la etapa de hacer reaccionar ácido 3-amino ftálico o una sal del mismo con un compuesto de 3-aminoglutarimida de Fórmula (X) o una sal del mismo:



en un solvente y en presencia de trietilamina y ácido acético, que se caracteriza porque R~ es H, F, bencilo, (C1-C8)alquilo, (C2-C8)alquenilo, o (C2-C8)alquinilo.

2. El proceso de la reivindicación 1, que se caracteriza porque R¹ es H.
3. El proceso de la reivindicación 1, que se caracteriza porque el compuesto de Fórmula (I) es una mezcla racémica, el (+)-enantiómero o el (-)-enantiómero.
4. El proceso de de la reivindicación 1, que se caracteriza porque la proporción molar de trietilamina a ácido acético es de cerca de 1:10 a cerca de 1:1.
5. El proceso de la reivindicación 1, que se caracteriza porque el solvente es acetonitrilo.
6. El proceso de la reivindicación 5, que se caracteriza porque la temperatura de la reacción es de cerca de 80°C a cerca de 87°C.
7. El proceso de la reivindicación 6, que se caracteriza porque el tiempo de reacción es de cerca de 5 horas a cerca de 7 hora