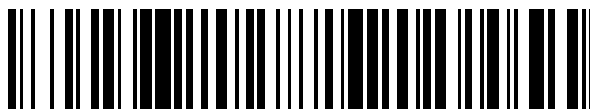


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 052**

51 Int. Cl.:

C07C 17/23 (2006.01)

C07C 17/25 (2006.01)

C07C 17/278 (2006.01)

C07C 21/18 (2006.01)

C07C 19/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.11.2006 PCT/US2006/042936**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.05.2007 WO07056128**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2006 E 06827435 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016 EP 1954661**

54 Título: **Método para producir 2,3,3,3-tetrafluoro-1-propeno**

30 Prioridad:

03.11.2005 US 733378 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

04.05.2017

73 Titular/es:

**HONEYWELL INTERNATIONAL INC. (100.0%)
115 Tabor Road
Morris Plains, NJ 07950, US**

72 Inventor/es:

**MUKHOPADHYAY, SUDIP;
DUBEY, RAJESH;
SINGH, RAJIV R. y
SHIA, GEORGE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 611 052 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para producir 2,3,3,3-tetrafluoro-1-propeno

Antecedentes de la invención

(1) Campo de la invención:

- 5 Esta invención se refiere a métodos para la preparación de 2,3,3,3-tetrafluoro-1-propeno (HFO-1234yf).

(2) Descripción de la técnica relacionada:

10 Se ha descrito que los hidrofluorocarbonos (los HFC), en particular hidrofluoroalquenos tales como tetrafluoropropenos (incluyendo 2,3,3,3-tetrafluoro-1-propeno (HFO-1234yf) y 1,3,3,3-tetrafluoro-1-propeno (HFO-1234ze)) (HFO es hidrofluoroolefina) son eficaces refrigerantes, productos extintores, medios de transferencia de calor, propelentes, espumantes, agentes formadores de burbujas, dieléctricos gaseosos, portadores esterilizantes, medios de polimerización, fluidos para la eliminación de partículas, fluidos portadores, agentes abrasivos de pulido, agentes secantes de desplazamiento y fluidos de trabajo de ciclo de energía. A diferencia de los clorofluorocarburos (los CFC) e hidroclorofluorocarbonos (los HCFC), ambos potencialmente perjudiciales para la capa de ozono terrestre, los HFC no contienen cloro y así no representan una amenaza para la capa de ozono.

15 Se conocen varios métodos para preparar hidrofluoroalcanos. Por ejemplo, la patente de EE.UU. N° 4.900.874 (Ihara et al.) describe un método para fabricar olefinas que contienen flúor poniendo en contacto gas hidrógeno con alcoholes fluorados. Aunque parece que es un procedimiento de rendimiento relativamente alto, para producción a escala comercial la manipulación de gas hidrógeno a temperatura elevada aumenta la dificultad en las cuestiones relacionadas con la seguridad. También, el coste de producción de gas hidrógeno, tal como construir una planta de hidrógeno in situ, puede ser en muchas situaciones prohibitivo.

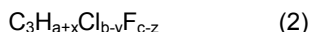
20 La patente de EE.UU. N° 2.931.840 (Marquis) describe un método para fabricar olefinas que contienen flúor por pirólisis de cloruro de metilo y tetrafluoroetileno o clorodifluorometano. Este procedimiento es un procedimiento de rendimiento relativamente bajo y se convierte un porcentaje muy grande de material de partida orgánico en este procedimiento en subproductos no deseados y/o no importantes, incluyendo una cantidad considerable de negro de carbón. El negro de carbón no sólo no es deseado, tiende a desactivar el catalizador usado en el procedimiento.

25 Se ha descrito la preparación de HFO-1234yf a partir de trifluoroacetilacetona y tetrafluoruro de azufre. Véase, Banks, et al., Journal of Fluorine Chemistry, Vol. 82, Exp. 2, pág. 171-174 (1.997). También, la patente de EE.UU. N° 5.162.594 (Krespan) describe un procedimiento en el que se hace reaccionar tetrafluoroetileno con otro etileno fluorado en la fase líquida para producir un producto polifluoroolefínico.

30 Las reacciones de reducción de hidrógeno catalizadas se han descrito para la preparación de hidrocarburos C3 fluorados en la patente de EE.UU. N° 5.545.777. La patente describe la reacción que es una en la que un compuesto de fórmula (1)



35 se convierte por reducción de hidrógeno catalizada en un compuesto de fórmula (2)



donde a, b, c, x y y z son números enteros que satisfacen las siguientes condiciones:

40 $a \geq 0$, $b \geq 1$, $c \geq 2$, $x \geq 1$ y $y \geq 1$, $z \geq 0$, $a+b+c=8$, $x=y+z$, $b-y \geq 0$ y $c-z \geq 2$. Puesto que las reacciones descritas en esta patente requieren un producto de reacción en el que $a+b+c=8$ y que $x=y+z$, no es posible para el producto de reacción descrito incluir olefinas C3, que se ha encontrado como se mencionó anteriormente que son deseables para uso en muchas aplicaciones importantes.

45 Haszeldine, R. N. et al., J. Chem. Soc. (1.957), 2.193-2.197 describe la adición de radicales libres a sistemas insaturados. En particular, discute el efecto de ataque de radicales libres sobre cloro-1:1-difluoroetileno.

Montanari, V. et al., J. Org. Chem., 57, (1.992), 5.018-5.019 describe la sintetización por alquenos halogenados.

Dickson, R. S. et al., Aust. J. Chem., 25, 1.972, 761-768 se refiere a reacciones de heptafluoro-3-yodopropano, 1,1,1,2,2-pentafluoruro-3-yodopropano y heptafluoro-2-yodopropano con tetrahidroaluminato de litio.

50 McDoniel, J. B. et al., Journal of Physical Chemistry A, 101 (7), 1.997, 1.334-1.337 proporcionan una determinación de la energía umbral y la constante de velocidad unimolecular para la eliminación de HF a partir de $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_3$ químicamente activado.

La patente internacional WO 98/42645 se refiere a un procedimiento para hacer reaccionar un compuesto saturado de la fórmula RF con una olefina de la fórmula $R^1R^2C=CR^1R^2$ en la fase líquida en presencia de catalizador de pentafluoruro de antimonio.

- 5 A pesar de las explicaciones anteriores, los solicitantes aprecian que continúa la necesidad de métodos de preparación eficaz de ciertos hidrofluorocarbonos, en particular tetrafluoropropenos tales como HFO-1234yf.

Sumario de la invención

Los solicitantes han descubierto un método para producir compuestos orgánicos fluorados, incluyendo hidrofluoropropenos, que comprende convertir al menos un compuesto de fórmula (I):



- 10 en el compuesto de fórmula (II)



- 15 La etapa de conversión preferida de la presente invención comprende la reducción catalítica del compuesto de fórmula (I). La etapa de reducción catalítica comprende en realizaciones preferidas introducir dicho compuesto de fórmula (I) en un sistema de reacción en condiciones eficaces para convertir y convertir preferiblemente al menos aproximadamente 50%, más preferiblemente al menos aproximadamente 70%, e incluso más preferiblemente al menos aproximadamente 90%, de dicho compuesto de fórmula (I). También se prefiere en general que dicha etapa de conversión produzca un producto de reacción que tenga al menos aproximadamente 20% de selectividad, más preferiblemente al menos aproximadamente 40% de selectividad e incluso más preferiblemente al menos aproximadamente 70% de selectividad, para compuesto de fórmula (II), que es HFO-1234yf.

En algunas realizaciones preferidas, la etapa de conversión comprende hacer reaccionar un compuesto de fórmula (I) en la fase gas, en la fase líquida o una combinación de éstas, teniendo lugar preferiblemente las reacciones en fase gaseosa en presencia de catalizador.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas.

- 25 Un aspecto beneficioso de la presente invención es que permite la producción de fluoroolefinas deseables usando reacciones de conversión relativamente alta y selectividad alta. Además, los métodos de la presente invención proporcionaron reacciones con rendimiento relativamente alto y que son capaces de obtener vida de catalizador relativamente larga.

- 30 Además, los presentes métodos en algunas realizaciones preferidas permiten los productos de las fluoroolefinas deseables a partir de materiales de partida relativamente atractivos. El etileno y sus derivados halogenados, tales como tetrafluoroetileno, pueden en ciertas realizaciones ser un material de partida ventajoso debido a que tales productos son relativamente fáciles de manipular y en general están fácilmente disponibles en cantidades comerciales y/o pueden ser producidos fácilmente a partir de otros materiales fácilmente disponibles. Por ejemplo, los compuestos de fórmula (I) puede sintetizarse por la adición en fase gaseosa catalizada de CH_2FCl y $CF_2=CF_2$.

- 35 Así, en algunas realizaciones los presentes métodos incluyen la etapa de hacer reaccionar olefina C2 fluorada, tal como tetrafluoroetileno, con un agente de adición C1 en condiciones eficaces para producir un compuesto de fórmula (I)



- 40 El agente reaccionante olefínico fluorado es un compuesto de fórmula (III)



seleccionado de tetrafluoroetileno o clorotrifluoroetileno y el agente de adición C1 comprende un compuesto de fórmula (IV)

- 45 CH_2FCl (IV).

La reacción por la que el compuesto de fórmula (III) se convierte en un compuesto de fórmula (I) se refiere a veces en la presente memoria como una reacción de adición.

- 50 El compuesto de fórmula (I) formado por un procedimiento que comprende una reacción de adición C1 catalizada, se expone después a condiciones de reacción eficaces para producir un producto de reacción de fórmula (II). En un aspecto preferido de la presente invención, la etapa de conversión comprende una reacción que se refiere a veces en la presente memoria como una reacción de reducción y en otros aspectos como una reacción de

deshidrohalogenación. Los aspectos preferidos de cada una de las etapas preferidas se describen a continuación.

I. Reacción de adición

El compuesto reaccionante de fórmula (III) es $\text{CF}_2=\text{CF}_2$ (referido a veces en la presente memoria como "TFE") o $\text{CF}_2=\text{CFCl}$ (referido a veces en la presente memoria como "CTFE"). Se hacen reaccionar los compuestos de etileno fluorados con CH_2FCl .

En algunas realizaciones preferidas, la etapa de adición comprende poner en contacto, (preferiblemente por introducción en un reactor) los compuestos en una relación molar CH_2FCl : fórmula III de 1:1 a 200:1, más preferiblemente de 1:1 a aproximadamente 100:1 e incluso más preferiblemente de 2:1 a 3:1. En realizaciones preferidas, comprendiendo CH_2FCl y el compuesto de fórmula III, $\text{CF}_2=\text{CF}_2$, la relación molar CH_2FCl :TFE de las alimentaciones al reactor son de 1:1 a 200:1, más preferiblemente de 1:1 a 100:1 e incluso más preferiblemente de 1,5:1 a 2:1.

Se considera que esta etapa de reacción puede llevarse a cabo en la fase líquida o en la fase gaseosa o una combinación de fases líquida/gaseosa y se considera además que la reacción puede llevarse a cabo en modo discontinuo, continuo o una combinación de éstos.

Así, se considera que la etapa de adición, puede realizarse usando una amplia variedad de parámetros del procedimiento y condiciones del procedimiento a la vista de las explicaciones generales contenidas en la presente memoria. Sin embargo, se prefiere en ciertas realizaciones que esta etapa de reacción comprenda una reacción en fase gaseosa, preferiblemente en presencia de catalizador, soportado sobre carbono o no soportado, preferiblemente un catalizador a base de metal, tal como catalizadores a base de antimonio (tales como SbF_3 , SbF_5 y SbCl_3 o SbCl_5 parcialmente fluorados), catalizador a base de aluminio (tal como AlCl_3), catalizador a base de hierro tal como FeCl_3 incluyendo los catalizadores sobre un soporte de carbono u otro soporte apropiado. Se espera que se puedan usar otros muchos catalizadores dependiendo de los requerimientos de las realizaciones particulares y, por supuesto, pueden usarse dos o más cualesquiera de estos catalizadores u otros catalizadores no nombrados en la presente, en asociación.

La reacción de adición en fase gaseosa puede realizarse, por ejemplo, introduciendo una forma gaseosa de un compuesto de fórmula (III) y fórmula (IV) en un recipiente de reacción o reactor adecuado. Preferiblemente, el recipiente está constituido por materiales que son resistentes a la corrosión, tales como Hastelloy, Inconel, Monel y/o revestimientos de fluoropolímeros. Preferiblemente, el recipiente contiene catalizador, por ejemplo, un lecho catalítico fijo o fluido, empaquetado con un catalizador de adición adecuado, con medios adecuados para calentar la mezcla de reacción a la temperatura de reacción deseada.

Aunque se considera que se puede usar una amplia variedad de temperaturas y presiones de reacción, dependiendo de factores relevantes tales como el catalizador que se está usando y el producto de reacción más deseado, en general se prefiere que al menos una porción de la etapa de adición se lleve a cabo a una temperatura de reacción de desde 5°C a 1.000°C , más preferiblemente 5°C a 500°C , más preferiblemente 5°C a 200°C e incluso más preferiblemente de 40°C a 60°C para reactores que se mantienen preferiblemente a una presión de desde 108 a 10.443 kPa (1 a 1.500 psig) e incluso más preferiblemente de 239 a 377 kPa (20 a 40 psig).

En algunas realizaciones preferidas, el compuesto de fórmula (III) y el compuesto de fórmula (IV) se introducen en un recipiente de reacción apropiado en la forma de un gas y se mantiene el reactor preferiblemente a una temperatura de aproximadamente 50°C y se mantiene el reactor preferiblemente a una presión de 308 kPa (30 psig).

En realizaciones preferidas, la conversión del compuesto de fórmula (III), es preferiblemente al menos aproximadamente 15%, más preferiblemente al menos aproximadamente 20% y selectividad a compuestos de fórmula I es preferiblemente al menos aproximadamente 50%, más preferiblemente al menos aproximadamente 70%, e incluso más preferiblemente al menos aproximadamente 75%.

II. Formación del compuesto de fórmula II

Los métodos de la presente invención comprenden convertir un compuesto de fórmula (I) en una fluoroolefina de fórmula (II).

En algunas realizaciones preferidas, la presente etapa de conversión se realiza en condiciones eficaces para proporcionar una conversión de fórmula (I) de al menos aproximadamente 40%, más preferiblemente al menos aproximadamente 55%, e incluso más preferiblemente al menos aproximadamente 70%. En algunas realizaciones preferidas, la conversión es al menos aproximadamente 90% y más preferiblemente aproximadamente 100%. Además, en algunas realizaciones preferidas, la conversión del compuesto de fórmula I para producir un compuesto de fórmula II se realiza en condiciones eficaces para proporcionar una selectividad de fórmula II de al menos aproximadamente 25%, más preferiblemente al menos aproximadamente 40%, más preferiblemente al menos aproximadamente 70%, e incluso más preferiblemente al menos aproximadamente 90%.

Esta etapa de reacción puede realizarse en la fase líquida o en la fase gaseosa o en una combinación de fases

gaseosa y líquida y se considera que la reacción puede realizarse en modo discontinuo, continuo o una combinación de éstos.

A. Deshidrohalogenación en fase gaseosa.

- 5 Una etapa de reacción preferida según puede describirse por las reacciones en las que el compuesto de fórmula (I) comprende un compuesto de fórmula (IA) que es 1,1,1,2,2-pentafluoro-3cloropropano ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$). Como ilustración, se puede presentar una realización que implica este compuesto que transcurre por la siguiente reacción, donde el agente reductor es hidrógeno:



- 10 Aunque el solicitante no desea estar ligado a, o limitado por, ninguna teoría particular de operación, se cree que en algunas realizaciones la reacción indicada anteriormente transcurre por la formación de otro compuesto, es decir, $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_3$, que se genera como un compuesto intermedio o subproducto de la reacción con hidrógeno, metano u otro agente deshidrogenante. Según dicha teoría, el compuesto de fórmula (IA) intermedio se convierte después en el compuesto deseado de fórmula (II), es decir, HFO-1234yf, en las condiciones de reacción existentes y preferiblemente en la superficie del catalizador.

- 15 En una alternativa a la reacción anterior, el agente reductor comprende metano y la reacción se representa, sin limitación, como sigue:



- 20 En algunas realizaciones preferidas, la corriente que contiene el compuesto de fórmula (I) y preferiblemente (IA) se calienta previamente, principalmente para evitar la condensación, a una temperatura de 50°C a 90°C, preferiblemente 60°C a 70°C y se introduce en un recipiente de reacción. La cantidad apropiada del agente reductor, que es preferiblemente de 0,1% a 500% de la cantidad estequiométrica, se añade después al recipiente de reacción. Preferiblemente, el recipiente está constituido por materiales que son resistentes a la corrosión como Hastelloy, Inconel, Monel y/o revestimientos de fluoropolímeros. Preferiblemente, el recipiente contiene catalizador, por ejemplo, un lecho catalítico fijo o fluido, empaquetado con un catalizador de deshidrohalogenación adecuado, con
25 medios adecuados para calentar la mezcla de reacción a la temperatura de reacción deseada.

- Así, se considera que la etapa de reacción de deshidrohalogenación puede realizarse usando una amplia variedad de parámetros del procedimiento y condiciones del procedimiento a la vista de las explicaciones generales contenidas en la presente memoria. Sin embargo, se prefiere en ciertas realizaciones que esta etapa de reacción comprenda una reacción en fase gaseosa, preferiblemente en presencia de catalizador e incluso más
30 preferiblemente un catalizador a base de carbono y/o metal, tal como catalizador a base de carbono activado, paladio sobre carbono, paladio (incluyendo paladio sobre carbono y paladio sobre óxidos de aluminio) y catalizadores a base de rutenio (incluyendo rutenio sobre óxidos de aluminio). Se espera que se puedan usar otros muchos catalizadores dependiendo de los requerimientos de las realizaciones particulares a la vista de las explicaciones contenidas en la presente memoria. Por supuesto, pueden usarse en asociación dos o más
35 cualesquiera de estos catalizadores u otros catalizadores no citados en la presente.

En general, se prefiere que los catalizadores sean fluorados, preferiblemente durante un periodo de aproximadamente varias horas (por ejemplo, 6 horas). En realizaciones preferidas, la fluoración de los catalizadores comprende la exposición del catalizador a una corriente de HF a aproximadamente la temperatura de la reacción y bajo una presión ligera, por ejemplo, 34 a 1.034 kPa (5-150 psia).

- 40 La reacción de deshidrohalogenación en fase gaseosa puede realizarse, por ejemplo, introduciendo una forma gaseosa de un compuesto de fórmula (I) y preferiblemente (IA) y una forma gaseosa del agente reductor (y/o agente de deshidrohalogenación), en un recipiente de reacción o reactor adecuado. Preferiblemente, el recipiente está constituido por materiales que son resistentes a la corrosión como Hastelloy, Inconel, Monel y/o revestimientos de fluoropolímeros. Preferiblemente, el recipiente contiene catalizador, por ejemplo, un lecho catalítico fijo o fluido
45 empaquetado con un catalizador de reducción/deshidrohalogenación adecuado, con medios adecuados para calentar la mezcla de reacción a la temperatura de reacción deseada.

- Mientras se considera que puede usarse una amplia variedad de temperaturas de reacción, dependiendo de factores relevantes tales como el catalizador que se esté usando y el producto de reacción más deseado, en general se prefiere que la temperatura de la reacción para la etapa de deshidrohalogenación, en particular en el caso de que el
50 compuesto de fórmula (I) comprenda (e incluso más preferiblemente consista esencialmente en compuestos de fórmula (IA)) sea de 400°C a 800°C, preferiblemente 400°C a 700°C. Para dichas realizaciones de fórmula (IA) en las que el agente reductor comprende, e incluso más preferiblemente consiste esencialmente en, hidrógeno, la temperatura de reacción para la etapa de deshidrohalogenación es preferiblemente de 450°C a 600°C, más preferiblemente de 450°C a 550°C. Para dichas realizaciones de fórmula (IA) en las que el agente reductor
55 comprende, e incluso más preferiblemente consiste esencialmente en metano, la temperatura de la reacción para la etapa de deshidrohalogenación es preferiblemente de 500°C a 700°C, más preferiblemente de 600°C a 700°C.

En general, también se considera que se puede usar una amplia variedad de presiones de reacción, dependiendo de nuevo de factores relevantes tales como el catalizador específico que se esté usando y el producto de reacción más deseado. La presión de la reacción puede ser, por ejemplo, superatmosférica, atmosférica o de vacío y en algunas realizaciones preferidas es de 103 a 827 kPa (15 a 120 psia).

- 5 En algunas realizaciones, se puede usar un gas diluyente inerte, tal como nitrógeno, en combinación con las otras alimentaciones del reactor. Cuando se usa dicho diluyente, se prefiere en general que el compuesto de fórmula (I) comprenda de aproximadamente 5% a más de 99% en peso basándose en el peso combinado de diluyente y compuesto de fórmula (I).

- 10 Se considera que la cantidad de catalizador usado variará dependiendo de los parámetros particulares presentes en cada realización. En algunas realizaciones preferidas, el tiempo de contacto es de 0,1 segundos a 1.000 segundos y preferiblemente de 2 segundos a 50 segundos. Para realizaciones en las que el compuesto de fórmula (I) comprende o consiste esencialmente en un compuesto de fórmula (IA) y el agente reductor comprende o consiste esencialmente en hidrógeno y en el caso de que el producto deseado de fórmula (II) sea HFO-1234yf, los solicitantes han encontrado que se prefiere usar como el catalizador un catalizador a base de carbono, tal como catalizador de carbono activado o a base de paladio o un catalizador que comprenda paladio y carbono, tal como un catalizador de paladio sobre carbono.

- 15 Para realizaciones en las que el compuesto de fórmula (I) comprende o consiste esencialmente en un compuesto de fórmula (IA) y el agente reductor comprende o consiste esencialmente en metano y donde el producto deseado de fórmula (II) es HFO-1234yf, los solicitantes han encontrado que se prefiere usar como catalizador un catalizador a base de carbono, tal como carbono activado o un catalizador a base de un metal del Periodo 6 (en particular Cs y Ba) tal como BaNO_3 o CsNO_3 (incluyendo junto con catalizador a base de aluminio o soporte de catalizador, tal como Al_2O_3) o catalizador a base de Ni (tal como malla de Ni) y combinaciones de éstos.

- 20 Preferiblemente, en dichas realizaciones de deshidrofluoración como se describe en esta sección, la conversión del compuesto de fórmula (I) es al menos aproximadamente 50%, más preferiblemente al menos aproximadamente 65% e incluso más preferiblemente al menos aproximadamente 90%. Preferiblemente, la selectividad para HFO-1234yf es al menos aproximadamente 70%, más preferiblemente al menos aproximadamente 80% y más preferiblemente al menos aproximadamente 90%.

B. Reducción en fase líquida.

- 30 Una etapa de reacción preferida acorde puede describirse por las reacciones en las que el compuesto de fórmula (I) comprende un compuesto de fórmula (IB) que es 3,3,3,2-tetrafluoro-1-cloro-1-propeno ($\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$).

- Se considera que la etapa de reacción de reducción puede realizarse usando una amplia variedad de parámetros de procedimiento y condiciones del procedimiento a la vista de las explicaciones generales contenidas en la presente memoria. Sin embargo, se prefiere en algunas realizaciones, que esta etapa de reacción comprenda una reacción en fase líquida, preferiblemente en presencia de catalizador, e incluso más preferiblemente en presencia de un catalizador contenido en un portador líquido, tal como un disolvente para al menos uno o más de los agentes reaccionantes orgánicos.

- 40 Aunque se considera que muchos disolventes y catalizadores serán adaptables para usarse en relación con estas realizaciones preferidas, se prefiere en general que el disolvente comprenda tetrahidrofurano, dioxano y similares y cualquier combinación de disolventes incluyendo éstos. En dichas realizaciones preferidas, los catalizadores incluyen preferiblemente catalizador a base de paladio. En algunas realizaciones preferidas, el catalizador a base de paladio comprende y en ciertas realizaciones consiste esencialmente en tetraquis(trifenilfosfino)paladio (0), $[\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4]$ y/o tris(dibencilidenoacetona)dipaladio (0), $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ y combinaciones de éstos. En algunas realizaciones preferidas, se incluyen ligandos para el catalizador en la mezcla de reacción y aunque se cree que muchos ligandos son adaptables para uso con los sistemas catalíticos preferidos de la presente invención, en algunas realizaciones los ligandos comprenden tetraributilfosfina, formiato de amonio y combinaciones de éstos y/u otros ligandos. Se espera que se puedan usar otros catalizadores dependiendo de los requerimientos de las realizaciones particulares a la vista de las explicaciones contenidas en la presente memoria. Por supuesto, se pueden usar dos o más cualesquiera de estos catalizadores u otros catalizadores no mencionados en la presente, en asociación.

- 50 La reacción de reducción en fase líquida puede realizarse, por ejemplo, introduciendo el disolvente y catalizador en un recipiente de reacción o reactor adecuado. Preferiblemente, el recipiente está constituido por materiales que son resistentes a la corrosión como Hastelloy, Inconel, Monel y/o revestimientos de fluoropolímeros.

- 55 Previamente a su introducción en el reactor, el compuesto de fórmula (I), incluyendo un compuesto de fórmula (IB), se enfría preferiblemente a por debajo de su punto de ebullición y preferiblemente a una temperatura de -5°C a 20°C y se introduce en el disolvente. La mezcla de reacción se lleva entonces preferiblemente a una temperatura de -20°C a -50°C , e incluso más preferiblemente a -30°C a -40°C y se después se aplica un vacío parcial para extraer aire residual u O_2 del reactor. Se calienta después preferiblemente la mezcla de reacción, preferiblemente con removido (tal como agitación) a una temperatura de aproximadamente 10°C a 200°C , más preferiblemente de 20°C a 150°C y

se mantiene preferiblemente la mezcla de reacción a esta temperatura durante un periodo de tiempo de aproximadamente 1 hora a aproximadamente 48 horas, más preferiblemente de aproximadamente 15 horas a aproximadamente 30 horas. Durante este periodo de tiempo la presión en el reactor puede aumentar en algunas realizaciones a 1.136 kPa (150 psig) a 1.825 kPa (250 psig) e incluso más preferiblemente de 1.136 kPa (150 psig) a 1.480 kPa (200 psig).

Se considera que la cantidad de catalizador usado variará dependiendo de los parámetros particulares presentes en cada realización. En algunas realizaciones preferidas, la relación en peso del compuesto de fórmula (I) a catalizador es de aproximadamente 50.000:1 a aproximadamente 1:1, e incluso más preferiblemente de aproximadamente 100:1 a aproximadamente 1:1.

Preferiblemente, en dichas realizaciones de reducción como se describe en esta sección, la conversión del compuesto de fórmula (IB) es al menos aproximadamente 85%, más preferiblemente al menos aproximadamente 95% e incluso más preferiblemente aproximadamente 100%. Preferiblemente, la selectividad a HFO-1234yf es al menos aproximadamente 20%, más preferiblemente al menos aproximadamente 30% y más preferiblemente al menos aproximadamente 40%.

Ejemplos

Se proporcionan características adicionales de la presente invención en los siguientes ejemplos.

Ejemplos 1-11

Estos ejemplos ilustran deshidrohalogenación en fase gaseosa de $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ (HFC-235cb) a $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ (1234yf). Se carga un reactor de tubo Monel de 56 cm (22 pulgadas (1,27cm; ½ pulgadas de diámetro) con 120 cc de catalizador, como se especifica en la Tabla 1 a continuación. Se monta el reactor en el interior de un calentador con tres zonas (superior, media y fondo). La entrada del reactor está conectada a un precalentador, que se mantuvo a 300°C por calentamiento eléctrico. Se alimenta compuesto orgánico (235cb) desde un cilindro mantenido a 65°C. Se mantiene un flujo de agente reductor que comprende gas hidrógeno y el gas N_2 inerte a una velocidad como se indica en la Tabla 1 a continuación. La temperatura del reactor se lleva a la temperatura indicada en la tabla. Se hace pasar el HFC-235cb por controladores de flujo de gas a un precalentador mantenido a una temperatura de aproximadamente 300°C. La corriente de gas que sale del precalentador se pasa por el lecho catalítico a la temperatura deseada durante un periodo de tiempo especificado y a una presión de 119-138 kPa (2,5-5,3 psig). Se usan CG on-line y una CGEM para analizar las muestras tomadas en la línea de salida del reactor a intervalos de tiempo regulares. Finalmente, el efluente del reactor se introduce en una disolución depuradora de KOH al 20 - 60% y después se condensa el efluente de la disolución depuradora para recoger los productos. Se aísla después el producto deseado $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ (1234yf) de la mezcla por destilación. La conversión de HFC-235cb es de 50% a 100% y la selectividad a HFO-1234yf es de 60% a 100%, dependiendo de las condiciones de reacción. Los subproductos principales fueron $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_3$ (HFC-245cb), $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{Cl}$ (CFC-115), CF_3Cl (CFC-13) y $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$.

Los resultados se muestran en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1

$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ (HFC-235cb) + $\text{H}_2 \rightarrow \text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ (1234yf) + HCl + HF									
Ejemplo# Catalizador	T, °C	H ₂ /N ₂ , estándar min	cm ³ por	HFC-235cb, cm ³ estándar por	% Conv. de 235cb	% Selec. para 1234yf	% Selec. para 245cb	% Selec. para R ⁺	% Selec. para R ⁺
Ejemplo 1/ A	450	58/0	52	52	76	60	31	4	4
Ejemplo 2/ A	500	61/0	54	54	100	90	9	0	1
Ejemplo 3/ A	550	61/0	54	54	100	84	6	1	6
Ejemplo 4/ A	600	63/0	57	57	97	63	12	0	24
Ejemplo 5/ B	520	41/100	96	96	80	60	20	5	10
Ejemplo 6/ B	550	41/100	138	138	58	36	40	7	16
Ejemplo 7/ C	500	61/0	54	54	87	69	20	4	6

CF ₃ CF ₂ CH ₂ Cl (HFC-235cb) + H ₂ → CF ₃ CF=CH ₂ (1234yf) + HCl + HF									
Ejemplo# Catalizador	T, °C	H ₂ /N ₂ , estándar min	cm ³ por min	HFC-235cb, cm ³ estándar por min	% Conv. de 235cb	% Selec. para 1234yf	% Selec. para 245cb	% Selec. para R [*]	% Selec. para R ^{**}
Ejemplo 8/ D	500	61/0		54	80	63	26	3	7
Ejemplo 9/ E	500	61/0		63	100	73	16	2	8
Ejemplo 10/ F	500	61/0		76	91	30	27	10	30
Ejemplo 11/ G	500	61/0		100	80	28	29	8	32
Catalizadores (100 cc): A es carbono activado Calgon; B es carbono activado Shiro-Saga; C es carbono activado Aldrich; D es carbono activado NORIT RFC 3; E es Pd/C al 0,5% en peso; F es Pd/Al ₂ O ₃ al 0,5% en peso; G es Ru/Al ₂ O ₃ al 0,5% en peso.									
Subproductos: R [*] es CF ₃ CF=CHCl y R ^{**} es combinación de CF ₃ Cl y CF ₃ CF ₂ Cl									

Ejemplos 12 - 15

Estos ejemplos ilustran la hidrodeshidrocloración en fase gaseosa de CF₃CF₂CH₂Cl a CF₃CF=CH₂ (HFO-1234yf) usando metano como agente reductor. El protocolo de los Ejemplos 1-11 se repite excepto como se indica en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2

CF ₃ CF ₂ CH ₂ Cl (235cb) + CH ₄ → CF ₃ CF=CH ₂ (1234yf) + CH ₃ Cl + HF							
Ejemplo# Catalizador	T, °C	P, kPa (psig)	CH ₄ , cm ³ estándar por min	HFC-235cb, cm ³ estándar por min	% Conv. de 235cb	% Selec. para 1234yf	
Ejemplo 12/ H	560	170 (10)	50	50	17	0	
Ejemplo 13/ I	650	156 (8)	100	86	46	26	
Ejemplo 14/ J	650	150 (7)	97	83	52	31	
Ejemplo 14*/ K	650 y 500 *	156 (8)	96	87	54	40	
Ejemplo 15/ L	585	122 (3)	79	100	77	33	
Catalizadores (100 cc): H es carbono activado; BaNO ₃ /Al ₂ O ₃ al 13% en peso; J es BaNO ₃ /Al ₂ O ₃ al 3% en peso con CsNO ₃ al 0,5% en peso usado como activador; K es una reacción de dos zonas con dos catalizadores, específicamente se usan 50 cc de CsNO ₃ activado con BaNO ₃ /Al ₂ O ₃ a 650°C en la primera zona y se usan 50 cc de carbono activado Calgon a 500°C en la segunda zona; L es malla de Ni. * reacción de dos zonas.							

Ejemplo 16

- 10 Este ejemplo ilustra la reducción en fase líquida de CF₃CF=CHCl a CF₃CF=CH₂ (1234yf) con catalizador de Pd(PPh₃)₄. Se carga un reactor Parr/autoclave de 250 ml con 30 ml de tetrahidrofurano a los que se añaden 0,5 gramos (0,04 mmoles) de [tetraquis(trifenilfosfina)paladio (0), [Pd(PPh₃)₄], 10,0 gramos de formiato de amonio (158 mmoles) y 11,4 gramos fríos (0-10°C) de CF₃CF=CHCl (77 mmoles) en nitrógeno. Se sella el reactor inmediatamente, se enfría a -30 a -40°C y se evacúa parcialmente. Se lleva el contenido del reactor Parr a

temperatura ambiente y se calienta gradualmente a 100°C con agitación. Se mantienen los agentes reaccionantes a esta temperatura durante 24 horas. Durante ese tiempo, se aumenta la presión en el reactor a aproximadamente 1.342-1.840 kPa (180-200 psig). Se enfría después el reactor a 25°C y se recogen los materiales volátiles en un cilindro de metal evacuado.

- 5 El análisis por cromatografía de gases (CG) de los materiales volátiles indicó $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ como el producto principal con cantidades traza de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ y dióxido de carbono. Se enfría la mezcla de reacción a 0°C y se analiza el líquido filtrado por cromatografía de gases (CG) que indica aproximadamente una conversión del 40% de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ en $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$. Se confirma la identidad de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ por comparación con una muestra conocida. La purificación del producto se lleva a cabo haciendo pasar el producto por una trampa fría para retirar CO_2 y material de partida no reaccionado a aproximadamente -70°C y después destilación.

Ejemplo 17

- Este ejemplo ilustra la reducción en fase líquida de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ a $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ (HFO-1234yf) con catalizador de $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$. Se cargó un reactor Parr/autoclave de 250 ml con 30 ml de tetrahidrofurano (30 ml) a los que se añadieron 0,456 gramos de tris(dibencilidenoacetona)dipaladio (0), $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ (2,0 mmoles), 0,8 granos de tributilfosfina (2,0 mmoles), 8,0 gramos de formiato de amonio (126 mmoles) y 11,4 gramos de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ (77 mmoles) fríos (5-10°C) en nitrógeno. Se sella inmediatamente el reactor, se enfría al intervalo de aproximadamente -30°C a aproximadamente -40°C y se evacúa parcialmente. Se lleva el contenido del reactor Parr a temperatura ambiente y se calienta después gradualmente a 100°C con agitación. Se mantienen los agentes reaccionantes a esta temperatura durante 24 horas durante lo cual aumenta la presión interna a aproximadamente 1.840 kPa (200 psig). Después se enfría el reactor a 25°C y se hacen pasar los materiales volátiles por una trampa a -70°C a -78°C y se recogen en un cilindro de metal evacuado frío. El análisis por cromatografía de gases (CG) de los materiales volátiles recogidos indicó $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ como el producto principal con cantidades traza de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ y dióxido de carbono. Se enfrió la mezcla de reacción a 0°C y se analizó el líquido filtrado por CG que indicó aproximadamente una conversión del 35% de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ en $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$.

Ejemplo 18

Este ejemplo ilustra la reducción en fase líquida de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ a $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ (HFO-1234yf) con catalizador de $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$. Se repite el Ejemplo 17 excepto que el dioxano es sustituido por tetrahidrofurano como el disolvente. El resultado es esencialmente el mismo que el del Ejemplo 17.

Ejemplo 19

- 30 Este ejemplo ilustra la reducción en fase líquida de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ a $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ (HFO-1234yf) usando catalizador de $\text{Pd}_2(\text{dba})_3 \cdot \text{CHCl}_3$. La reacción se lleva a cabo como en el Ejemplo 17 excepto que una cantidad equivalente de catalizador $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ es sustituido por complejo de tris(dibencilidenoacetona)dipaladio (0) y cloroformo, $\text{Pd}_2(\text{dba})_3 \cdot \text{CHCl}_3$. La extensión de la conversión de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ en $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ fue esencialmente la misma que en el Ejemplo 17.

Ejemplo 20

- 40 Este ejemplo ilustra la reducción en fase líquida de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ a $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ (HFO-1234yf) con catalizador de $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$ en tetrahidrofurano. Se cargó un reactor Parr/autoclave de 250 ml con 30 ml de tetrahidrofurano a los que se añadieron 0,5 gramos de tetraquis(trifenilfosfina)paladio (0), $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$ (0,04 mmoles), 10 gramos de formiato de amonio (158 mmoles) y 11,4 gramos de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ (61 mmoles) en nitrógeno. Se sella inmediatamente el reactor, se enfría a -30 a -40°C y se evacúa parcialmente. Se lleva el contenido del reactor Parr a temperatura ambiente y se calienta gradualmente a 100°C con agitación constante. Se mantienen los agentes reaccionantes a esta temperatura durante 24 horas. Después se enfría el reactor a 25°C y se recogen los materiales volátiles en un cilindro de metal evacuado. El análisis de cromatografía de gases (CG) de los materiales volátiles indicó que $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ y $\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHCl}$ están presentes en una relación de aproximadamente 57:42. También estaba presente dióxido de carbono. Se enfrió la mezcla de reacción a 0°C y se filtró a presión, se analizó el líquido filtrado por CG que indicó aproximadamente una conversión de 40% de $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ en $\text{CF}_3\text{CH}=\text{CH}_2$.

Ejemplos 21 – 28 (Ejemplo de referencia)

- 50 Estos ejemplos ilustran la deshidrohalogenación en fase gaseosa de $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_3$ (HFC-245cb) a $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ (HFO-1234yf). Se cargó un reactor de tubo Monel de 56 cm (22 pulgadas (1,27 cm; ½ pulgada de diámetro) con 120 cc de catalizador, como se especifica en la Tabla 1 a continuación. Se monta el reactor en el interior de un calentador con tres zonas (superior, media y fondo). La entrada del reactor está conectada a un precalentador, que se mantuvo a 300°C por calentamiento eléctrico. Se alimenta compuesto orgánico (HFC-245cb) desde un cilindro mantenido a 65°C. Se mantiene un flujo de agente reductor que comprende gas hidrógeno a una velocidad como se indica en la Tabla 3 a continuación. La temperatura del reactor se lleva a la temperatura indicada en la tabla. Se hace pasar el HFC-245cb por controladores de flujo de gas a un precalentador mantenido a una temperatura de aproximadamente 300°C. La corriente de gas que sale del precalentador se pasa por el lecho catalítico a la temperatura deseada durante un periodo de tiempo especificado y a una presión de 119-138 kPa (2,5-5,3 psig). Se usan CG on-line y una

CGEM para analizar las muestras tomadas en la línea de salida del reactor a intervalos de tiempo regulares. Finalmente, el efluente del reactor se introduce en una disolución depuradora de KOH al 20 - 60% y después se condensa el efluente de la disolución depuradora para recoger los productos. Se aísla después el producto deseado $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ (HFO-1234yf) de la mezcla por destilación. La conversión de HFC-245cb es de 30% a 70% y la selectividad para HFO-1234yf es de 90% a 100%, dependiendo de las condiciones de reacción.

Los resultados se muestran en la Tabla 3 a continuación.

Tabla 3

CF ₃ CF ₂ CH ₃ (HFC-245cb) → CF ₃ CF=CH ₂ (1234yf)					
Ejemplo# Catalizador	T, °C	H ₂ /N ₂ , cm ³ estándar por min	HFC-245cb, cm ³ estándar por min	% Conv. de 245cb	% Selec. para 1234yf
Ejemplo 21/ M	575	0	65	79	63
Ejemplo 22/ N	575	0	68	82	57
Ejemplo 23/ O	575	0	73	73	61
Ejemplo 24/ P	575	0	68	84	59
Ejemplo 25/ P	575	20	68	89	73
Ejemplo 26/ Q	550	0	69	92	53
Ejemplo 27/ R	550	0	67	93	33
Ejemplo 28/ S	550	0	69	73	46
Catalizadores (100 cc): M es NORIT RFC 3; N es carbono activado Shiro-Saga; O es carbono activado Aldrich; P es carbono activado Calgon; Q es Pd/C al 0,5 % en peso; R es PVC al 0,5 % en peso; S es malla de Ni.					

Ejemplo 29

- Este ejemplo ilustra la formación por adición de compuestos de fórmula (I) por la reacción de TFE con CH_2FCl en una reacción en fase gaseosa. Se cargaron en un reactor de flujo (Monel) de 1,27 cm (1/2 pulgadas) 50 gramos de catalizador recién preparado (como se indica a continuación). Se hicieron pasar $\text{CF}_2=\text{CF}_2$ (TFE) y CH_2FCl (R31) por un controlador de flujo másico con un caudal deseado (como se indica a continuación) al precalentador desde los respectivos cilindros conectados con los reguladores. Se conectó el precalentador al reactor y se mantuvo siempre 10°C por debajo de la temperatura del reactor. Se calentó uniformemente el reactor a la temperatura deseada mediante un elemento de calentamiento externo con un control automático. La línea de salida del reactor se conectó a un CG y CGEM on-line para análisis. Se usó una disolución depuradora de KOH al 15% en peso a 50°C para neutralizar los ácidos que salían del reactor. Después se condensó la corriente de gases que salía de la disolución depuradora en un cilindro en N₂ líquido y se fraccionó (destiló) después finalmente para aislar los productos. Se usaron SbF_5/C y AlCl_3/C como catalizador. A 50°C y a presión del reactor de 206 kPa (30 psig), cuando se hicieron pasar 50 cm³ estándar por min de TFE y 150 cm³ estándar por min de R31 por SbF_5/C para conseguir una conversión del 26% de TFE y una selectividad del 82% para $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$. Cuando se usó AlCl_3/C como catalizador, se obtuvo una conversión del 35% y selectividad del 78% para $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$.

Ejemplo 30

- Este ejemplo ilustra la formación por adición de compuestos de fórmula (I) por la reacción de CTFE con CH_2FCl en una reacción en fase gaseosa. El Ejemplo 29 se repite excepto que se usa CTFE en vez de TFE. Los productos principales de reacción incluyen $\text{CF}_3\text{CClFCH}_2\text{Cl}$ y $\text{F}_2\text{ClCCF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ a un nivel de conversión (CTFE) del 21%.

Ejemplo 31

- Este ejemplo ilustra la formación de compuestos de fórmula (I) por la reacción de TFE con CH_2FCl en una reacción en fase gaseosa. Se hicieron reaccionar en un autoclave de 300 ml, 0,1 moles de C_2F_4 con 0,2 moles de CH_2FCl en

presencia de 0,05 moles de AlCl_3 a 20-30° durante 3 h para proporcionar un rendimiento del 60% para $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ que se aisló después y se purificó por destilación.

Ejemplo 32

- 5 Este ejemplo ilustra la formación de compuestos de fórmula (I) por la reacción de TFE con CH_2FCl en una reacción en fase gaseosa. Se hicieron reaccionar en un autoclave de 300 ml, 0,1 moles de C_2F_4 con 0,2 moles de CH_2FCl en presencia de 0,05 moles de AlCl_3 a 20-30° durante 3 h para proporcionar un rendimiento del 60% para $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ que se aisló después y se purificó por destilación.

Ejemplo 33

- 10 Este ejemplo ilustra la formación de compuestos de fórmula (I) por la reacción de CTFE con CH_2FCl en una reacción en fase gaseosa. Se hicieron reaccionar en un autoclave de 300 ml, 0,1 moles de $\text{CF}_2=\text{CFCl}$ con 0,2 moles de CH_2FCl en presencia de 0,05 moles de AlCl_3 a 20-30° durante 3 h para proporcionar un rendimiento del 60% para $\text{CF}_3\text{CClFCH}_2\text{Cl}$ y $\text{F}_2\text{ClCF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$, que se aisló después y se purificó por destilación.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la preparación de 2,3,3,3-tetrafluoro-1-propeno ($\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$; HFO-1234yf) que comprende: a) añadir clorofluorometano (CH_2FCl) a un compuesto de fórmula $\text{CF}_2=\text{CY}_2$ seleccionado de tetrafluoroetileno ($\text{CF}_2=\text{CF}_2$) o CTFE ($\text{CF}_2=\text{CFCl}$) y b) convertir el 1-cloro-2,2,3,3,3-pentafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$; HCFC-235cb) o 1-cloro-2,3,3,3-tetrafluoro-1-propeno ($\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$) obtenido.
2. Un método según la reivindicación 1, en el que dicha etapa b) comprende convertir el 1-cloro-2,2,3,3,3-pentafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{Cl}$) obtenido por una reacción de deshidrohalogenación o 1-cloro-2,3,3,3-tetrafluoropropeno ($\text{CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$) por una reacción de reducción.
3. Un método según la reivindicación 2, en el que la deshidrohalogenación se lleva a cabo en fase gaseosa.
4. Un método según la reivindicación 3, en el que la deshidrohalogenación se lleva a cabo en presencia de un catalizador.
5. Un método según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que el catalizador se selecciona de catalizadores a base de carbono y/o metal, catalizadores a base de paladio, catalizadores a base de rutenio y combinaciones de los mismos.
6. Un método según la reivindicación 5, en el que el catalizador se selecciona de: carbono activado, paladio sobre carbono, paladio sobre óxidos de aluminio, rutenio sobre óxidos de aluminio y combinaciones de los mismos.
7. Un método según la reivindicación 2, en el que la reducción se lleva a cabo en la fase líquida.
8. Un método según la reivindicación 7, en el que la reducción se lleva a cabo en presencia de un catalizador.
9. Un método según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que el catalizador es un catalizador a base de paladio.
10. Un método según cualquier reivindicación precedente, en el que la etapa a) se lleva a cabo en la fase gaseosa.
11. Un método según la reivindicación 10, en el que la etapa a) se lleva a cabo en presencia de un catalizador.
12. Un método según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que el catalizador es soportado o no soportado y es un catalizador a base de metal.
13. Un método según la reivindicación 12, en el que el catalizador a base de metal es catalizador a base de antimonio, catalizadores a base de aluminio y catalizadores a base de hierro.