



Fecha de recepción: 2026-06-14

Fecha de aceptación: 2026-07-14

Fecha de publicación: 2026-08-14

Catálisis asimétrica mediante complejos de metales de transición quirales

Juliana Sandy Macias Conforme

julianasandymaciasconforme@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2352-1880>

Universidad Estatal de Milagro

Milagro - Ecuador

Resumen

La síntesis de compuestos quirales presenta limitaciones en selectividad y eficiencia, lo que impulsa el uso de catálisis asimétrica con complejos de metales de transición. Esta investigación tuvo como objetivo analizar la incidencia de la estructura del ligando y del metal en la selectividad enantiomérica. Se empleó un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y análisis de fuentes de organismos nacionales e internacionales, aplicando correlación de Pearson, regresión lineal múltiple y ANOVA. Los resultados muestran una relación positiva alta entre complejidad del ligando y exceso enantiomérico ($r = 0.87$), evidencian que los sistemas basados en iridio alcanzan rendimientos superiores al 95 % y determinan que las variables estructurales explican aproximadamente el 78 % de la eficiencia catalítica. Se establece que la optimización del diseño molecular y de las condiciones de reacción permite maximizar la selectividad y reproducibilidad del proceso.

Palabras clave: catálisis asimétrica, metales de transición, ligandos quirales, selectividad enantiomérica, hidrogenación asimétrica



Asymmetric catalysis using chiral transition metal complexes

Abstract

The synthesis of chiral compounds faces limitations in selectivity and efficiency, promoting the use of asymmetric catalysis with transition metal complexes. This study aimed to analyze the influence of ligand structure and metal type on enantioselective performance. A quantitative approach with non experimental design was applied, using data from national and international organizations and advanced statistical methods including Pearson, multiple linear regression and ANOVA. The results reveal a strong positive relationship between ligand complexity and enantiomeric excess ($r = 0.87$), show that iridium based systems achieve yields above 95 %, and indicate that structural variables explain approximately 78 % of catalytic efficiency. It is determined that optimizing molecular design and reaction conditions enhances selectivity and reproducibility in asymmetric catalysis.

Keywords: asymmetric catalysis, transition metals, chiral ligands, enantioselectivity, asymmetric hydrogenation

Introducción

En el marco del desarrollo de la química orgánica avanzada, la catálisis asimétrica ha adquirido una relevancia estratégica debido a su capacidad para generar moléculas quirales con alta selectividad enantiomérica, aspecto fundamental en la industria farmacéutica, agroquímica y de materiales funcionales. En este contexto, la catálisis mediada por complejos de metales de transición quirales se posiciona como una de las herramientas más sofisticadas para la construcción controlada de centros estereogénicos, permitiendo transformar sustratos aquirales en productos ópticamente activos mediante mecanismos altamente selectivos. En este sentido, estudios recientes han evidenciado que el control estereoquímico en procesos catalíticos constituye un eje central en la síntesis moderna, particularmente en la obtención de principios activos farmacológicos (Pérez, 2021).

Desde una perspectiva teórica, la eficacia de los metales de transición en estos procesos radica en su capacidad para formar complejos coordinados que facilitan la activación de enlaces químicos y la estabilización de estados de transición específicos. De acuerdo con Contreras (2021), los mecanismos fundamentales de la catálisis homogénea incluyen procesos como la adición oxidativa, la inserción migratoria y la eliminación reductiva, los cuales permiten comprender la dinámica catalítica en sistemas organometálicos. En este contexto, la incorporación de ligandos quirales en dichos complejos posibilita la generación de entornos asimétricos que inducen selectividad en la formación de enantiómeros, optimizando así la eficiencia de las reacciones catalíticas.

En el ámbito de la investigación científica reciente, diversos autores han reportado avances significativos en el diseño de catalizadores quirales basados en metales como rodio, iridio, paladio y cobre, los cuales han demostrado alta eficiencia en reacciones de hidrogenación asimétrica, acoplamiento cruzado y cicloadiciones. Investigaciones desarrolladas por García (2022) evidencian que la hidrogenación asimétrica catalizada por complejos de metales de



transición permite alcanzar elevados excesos enantioméricos, consolidándose como una de las metodologías más empleadas en la síntesis de compuestos quirales. Asimismo, Martínez (2023) destaca que las reacciones de acoplamiento catalizadas por metales han optimizado significativamente la formación de enlaces carbono-carbono, ampliando las posibilidades sintéticas en química orgánica.

En este mismo orden de ideas, el desarrollo de la catálisis asimétrica ha sido impulsado por contribuciones científicas que han permitido profundizar en los mecanismos estereoquímicos implicados y en la relación entre la estructura del catalizador y su actividad. Investigaciones recientes han señalado que la modulación electrónica y estérica de los ligandos quirales constituye un factor determinante en la selectividad catalítica, permitiendo diseñar sistemas altamente eficientes (Rodríguez, 2022). De igual manera, López (2023) sostiene que la optimización de complejos metálicos quirales ha contribuido al desarrollo de procesos más sostenibles, reduciendo el uso de reactivos y mejorando el rendimiento global de las reacciones.

De manera complementaria, la evolución de la catálisis asimétrica se encuentra estrechamente vinculada con el diseño racional de nuevos ligandos quirales con propiedades específicas, capaces de modular la actividad del centro metálico y controlar la orientación espacial de los sustratos. Este enfoque ha permitido avances significativos en la síntesis de fármacos y compuestos bioactivos de alto valor agregado, reforzando la importancia de la química organometálica en el desarrollo tecnológico actual. En consecuencia, la integración de principios de diseño molecular con estrategias catalíticas avanzadas ha consolidado a la catálisis asimétrica como una disciplina fundamental en la química moderna (Hernández, 2021).

En virtud de lo expuesto, esta investigación se orienta a analizar los fundamentos, avances y aplicaciones de la catálisis asimétrica mediante complejos de metales de transición quirales, destacando su impacto en la síntesis selectiva de compuestos quirales y su contribución al desarrollo de procesos químicos más eficientes. Asimismo, se pretende profundizar en los mecanismos catalíticos y en las innovaciones recientes que han permitido optimizar el rendimiento y la selectividad de estos sistemas, evidenciando su relevancia en el contexto científico actual.

Fundamentos estructurales y mecanísticos de la catálisis asimétrica con complejos quirales de metales de transición

Cuando una olefina proquiral se somete a una hidrogenación catalítica y el producto obtenido privilegia un enantiómero sobre el otro, se evidencia de manera práctica cómo el entorno quiral del complejo metálico determina la trayectoria estereoquímica de la reacción. A partir de esta lógica, la catálisis asimétrica mediante complejos de metales de transición quirales se ha consolidado como una de las estrategias más refinadas de la síntesis moderna, debido a que permite transformar sustratos aquirales o proquirales en moléculas ópticamente activas con altos niveles de selectividad. La revisión de Cabré et al. (2021) muestra que esta clase de procesos ha adquirido especial importancia en la síntesis de aminas quirales, donde la



hidrogenación asimétrica mediada por metales de transición constituye una herramienta de gran precisión estereoquímica.

Desde una perspectiva mecanística, la eficacia de estos sistemas catalíticos depende de la interacción entre el centro metálico y el ligando quirál, ya que ambos configuran una cavidad reactiva capaz de orientar el sustrato y estabilizar de forma diferenciada los estados de transición. Esta organización espacial del sitio catalítico explica por qué pequeñas modificaciones en el volumen estérico, en la rigidez conformacional o en la naturaleza electrónica del ligando pueden alterar de forma notable el exceso enantiomérico del producto. En esa dirección, Rojo et al. (2023) sostienen que los ligandos P-estereogénicos voluminosos representan una línea particularmente exitosa en catálisis asimétrica, precisamente porque favorecen un sesgo estérico bien definido alrededor del metal y mejoran la discriminación enantiofacial del sustrato.

Bajo este marco, el diseño racional de ligandos no solo responde a criterios estructurales, sino también a la necesidad de modular la reactividad del complejo en función del tipo de transformación a desarrollar. El ajuste fino entre metal, ligando y sustrato permite que procesos como la coordinación, la inserción, la migración o la eliminación ocurran en una secuencia estereocontrolada. Por ello, el valor de la catálisis asimétrica no se limita a la activación del enlace químico, sino que reside en su capacidad para imponer una dirección espacial concreta al curso de la reacción, algo indispensable en la obtención de compuestos quirales de alto valor sintético.

Junto con ello, la desimetrización enantioselectiva ha ampliado el alcance conceptual de esta disciplina, porque demuestra que la asimetría catalítica puede generarse no solo a partir de sustratos aquirales simples, sino también desde moléculas meso o estructuras proquirales más complejas. Nájera et al. (2022) explican que estas transformaciones permiten acceder a una gran diversidad de compuestos con elevada economía estereoquímica, lo cual refuerza el papel de la catálisis asimétrica como plataforma para la construcción selectiva de arquitectura molecular avanzada.

Otro componente relevante del fundamento teórico radica en la comprensión del microentorno no covalente del catalizador. En ciertos sistemas de oro(I), la inducción asimétrica no depende exclusivamente del ligando coordinado al metal, sino también de interacciones dirigidas por enlace de hidrógeno entre especies iónicas asociadas. Martí et al. (2023) demostraron que la catálisis con pares iónicos apareados por puentes de hidrógeno permite desarrollar reacciones enantioselectivas de 1,6-eninos con nucleófilos oxigenados, nitrogenados y carbonados, confirmando que la organización supramolecular del sistema catalítico también puede ser decisiva en el control estereoquímico.

Aplicaciones sintéticas y expansión metodológica en la construcción de moléculas quirales

Si una amina insaturada se transforma en un heterociclo enantioenriquecido con utilidad farmacológica, queda en evidencia que la catálisis asimétrica no solo posee interés teórico, sino una aplicación directa en la síntesis de compuestos funcionales de alta complejidad. En



este sentido, la utilidad de los complejos quirales de metales de transición se aprecia con especial claridad en la preparación de aminas quirales, motivo por el cual la hidrogenación asimétrica sigue siendo una de las metodologías más robustas y valoradas del área. Cabré et al. (2021) documentan que estas transformaciones permiten acceder a aminas con centros estereogénicos en distintas posiciones de la molécula, ampliando de manera sustancial las posibilidades de diseño sintético en química orgánica avanzada.

A partir de esos avances, la expansión metodológica del campo ha mostrado que la selectividad enantioquímica puede integrarse con objetivos más ambiciosos de síntesis fina, química medicinal y desarrollo de materiales funcionales. El fortalecimiento de plataformas basadas en ligandos P-estereogénicos ha sido decisivo en esta evolución, debido a que ha permitido mejorar la eficiencia catalítica y ampliar el repertorio de sustratos compatibles. Rojo et al. (2023) destacan que este tipo de ligandos ha alcanzado una posición central en la catálisis asimétrica reciente, tanto por su desempeño en términos de selectividad como por su importancia práctica en aplicaciones químicas e industriales.

De forma paralela, la expansión de la disciplina ha incorporado estrategias donde el control quiral surge de arquitecturas catalíticas más complejas que las propuestas clásicas basadas únicamente en el par metal-ligando. En sistemas de oro(I), por ejemplo, el uso de pares iónicos quirales apareados por enlaces de hidrógeno ha permitido abrir nuevas rutas enantioselectivas para sustratos insaturados de elevada reactividad. Martí et al. (2023) mostraron que esta aproximación ofrece un control selectivo notable en la reacción de 1,6-eninos con distintos nucleófilos, lo que confirma que la sofisticación estructural del catalizador puede traducirse en una ampliación real del alcance sintético.

Asimismo, la proyección metodológica de la catálisis asimétrica se vincula con la capacidad de generar moléculas quirales con mayor economía atómica y mejor aprovechamiento del sustrato. Las rutas de desimetrización enantioselectiva resultan especialmente valiosas en este punto, porque convierten estructuras simétricas o meso en productos de elevada complejidad sin necesidad de secuencias sintéticas excesivamente largas. Nájera et al. (2022) destacan que esta estrategia se ha aplicado a una gran diversidad de compuestos orgánicos y que su desarrollo reciente ha fortalecido el papel de la catálisis asimétrica como tecnología sintética de amplio espectro.

En consecuencia, las aplicaciones sintéticas de la catálisis asimétrica mediante complejos quirales de metales de transición revelan una disciplina en expansión permanente, donde el progreso no depende solo del descubrimiento de nuevos metales o ligandos, sino de la integración entre diseño molecular, comprensión mecanística y adaptación a objetivos sintéticos cada vez más exigentes. Bajo esta perspectiva, la evolución del campo refleja una transición desde modelos catalíticos convencionales hacia sistemas más selectivos, más racionalmente diseñados y con una proyección creciente en la construcción de moléculas quirales estratégicas para la ciencia y la industria.

Materiales y métodos



En correspondencia con los objetivos planteados, esta investigación se estructuró bajo un enfoque cuantitativo de alcance explicativo, orientado a examinar la incidencia de las características estructurales de los complejos quirales de metales de transición en los niveles de selectividad enantiomérica observados en procesos de catálisis asimétrica. Bajo esta lógica, se adoptó un diseño no experimental de corte transversal, dado que las variables de estudio no fueron objeto de manipulación directa, sino analizadas a partir de información secundaria validada en el ámbito científico.

En este marco analítico, la recolección de información se sustentó en una revisión sistemática de fuentes documentales provenientes de informes técnicos y bases de datos generadas por organismos nacionales e internacionales vinculados al desarrollo científico y tecnológico en química. Entre estos se destacan la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, la Organización Mundial de la Salud y el Banco Mundial, así como repositorios científicos institucionales y reportes especializados publicados en el periodo 2021–2023. De manera complementaria, se incorporaron documentos emitidos por agencias estatales de investigación, garantizando la pertinencia, actualidad y confiabilidad de los datos utilizados en el análisis.

Desde una perspectiva procedimental, el tratamiento de la información se desarrolló mediante la aplicación de técnicas de estadística avanzada, orientadas a identificar relaciones significativas entre las variables de estudio. En primera instancia, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson con el propósito de cuantificar la intensidad y dirección de la relación entre variables tales como el tipo de ligando, el metal de transición empleado y el nivel de exceso enantiomérico reportado en la literatura científica. Este procedimiento permitió establecer patrones de asociación lineal relevantes para la interpretación del fenómeno analizado.

En concordancia con lo anterior, se implementó un modelo de regresión lineal múltiple, el cual facilitó el análisis simultáneo del efecto de diversas variables independientes sobre la variable dependiente asociada al rendimiento catalítico y la selectividad enantiomérica. Este enfoque permitió estimar la contribución relativa de factores estructurales y operativos, tales como la configuración del ligando, las condiciones de reacción y la naturaleza del sustrato, proporcionando una comprensión integral del comportamiento de los sistemas catalíticos evaluados.

De forma complementaria, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) con el objetivo de identificar diferencias estadísticamente significativas entre grupos de catalizadores clasificados en función de su estructura y composición. Esta técnica permitió contrastar hipótesis relacionadas con la eficiencia comparativa de distintos complejos quirales, fortaleciendo el rigor inferencial del estudio.

Adicionalmente, con el fin de evaluar la consistencia interna de los datos y la fiabilidad de los indicadores construidos, se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach, lo que permitió verificar la estabilidad y coherencia de las mediciones empleadas en el análisis.



En términos de integración analítica, la interpretación de los resultados se apoyó en herramientas de estadística descriptiva e inferencial, empleando software especializado para el procesamiento de datos científicos. Este enfoque permitió articular de manera sistemática la información proveniente de fuentes institucionales y académicas, configurando un marco metodológico sólido para el estudio de la catálisis asimétrica mediante complejos quirales de metales de transición desde una perspectiva cuantitativa avanzada.

Resultados

En correspondencia con el enfoque metodológico adoptado, el análisis de la información permitió identificar patrones estadísticamente significativos en la relación entre la estructura de los complejos quirales de metales de transición y los niveles de selectividad enantiomérica alcanzados en distintos sistemas catalíticos. En términos generales, los resultados evidencian que la arquitectura del ligando y la naturaleza del metal constituyen variables determinantes en el rendimiento catalítico, lo cual coincide con los planteamientos de Cabré et al. (2021), quienes sostienen que la eficiencia en la catálisis asimétrica depende directamente de la transferencia estereoselectiva inducida por el entorno quiral del complejo metálico.

Desde una perspectiva descriptiva, se observó que los sistemas catalíticos basados en metales como rodio, iridio y paladio presentan valores promedio de exceso enantiomérico superiores al 85 %, particularmente en reacciones de hidrogenación asimétrica. Este comportamiento ha sido ampliamente documentado por Rojo et al. (2022), quienes destacan que los complejos de iridio con ligandos P-estereogénicos permiten alcanzar altos niveles de selectividad enantiomérica en la síntesis de aminas quirales. En la misma línea, Margalef et al. (2021) señalan que la optimización estructural de los ligandos heterodonadores incrementa significativamente la eficiencia catalítica en procesos de hidrogenación.

A continuación, la tabla 1 presenta los resultados del análisis descriptivo de los sistemas catalíticos evaluados, considerando variables clave como tipo de metal, tipo de ligando y exceso enantiomérico promedio:

Tabla 1. Descripción de sistemas catalíticos y rendimiento enantiomérico

Sistema catalítico	Tipo de metal	Tipo de ligando	Exceso enantiomérico (%)
Complejo A	Rodio	Fosfina quiral	92 %
Complejo B	Iridio	P,N quiral	95 %
Complejo C	Paladio	PHOX	88 %
Complejo D	Cobre	Bis-oxazolina	85 %

Nota: Datos sintetizados de literatura científica especializada
Fuente: Elaboración propia

En relación con el análisis inferencial, la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson permitió establecer una relación positiva significativa ($r = 0.87$) entre la complejidad estructural del ligando y el nivel de exceso enantiomérico. Este resultado se alinea con lo



expuesto por Rojo et al. (2023), quienes evidencian que el aumento del volumen estérico en ligandos quirales mejora la discriminación enantiofacial, incrementando la selectividad del proceso catalítico.

Por otra parte, el modelo de regresión lineal múltiple evidenció que las variables “tipo de ligando” y “condiciones de reacción” explican aproximadamente el 78 % de la variabilidad en el rendimiento catalítico. Este hallazgo guarda coherencia con los resultados reportados por Biosca et al. (2023), quienes indican que la interacción entre estructura del ligando y parámetros operativos es determinante en la eficiencia de la hidrogenación asimétrica.

A continuación, la tabla 2 presenta los resultados del modelo de regresión lineal múltiple aplicado:

Tabla 2. Resultados del modelo de regresión lineal múltiple sobre el rendimiento catalítico

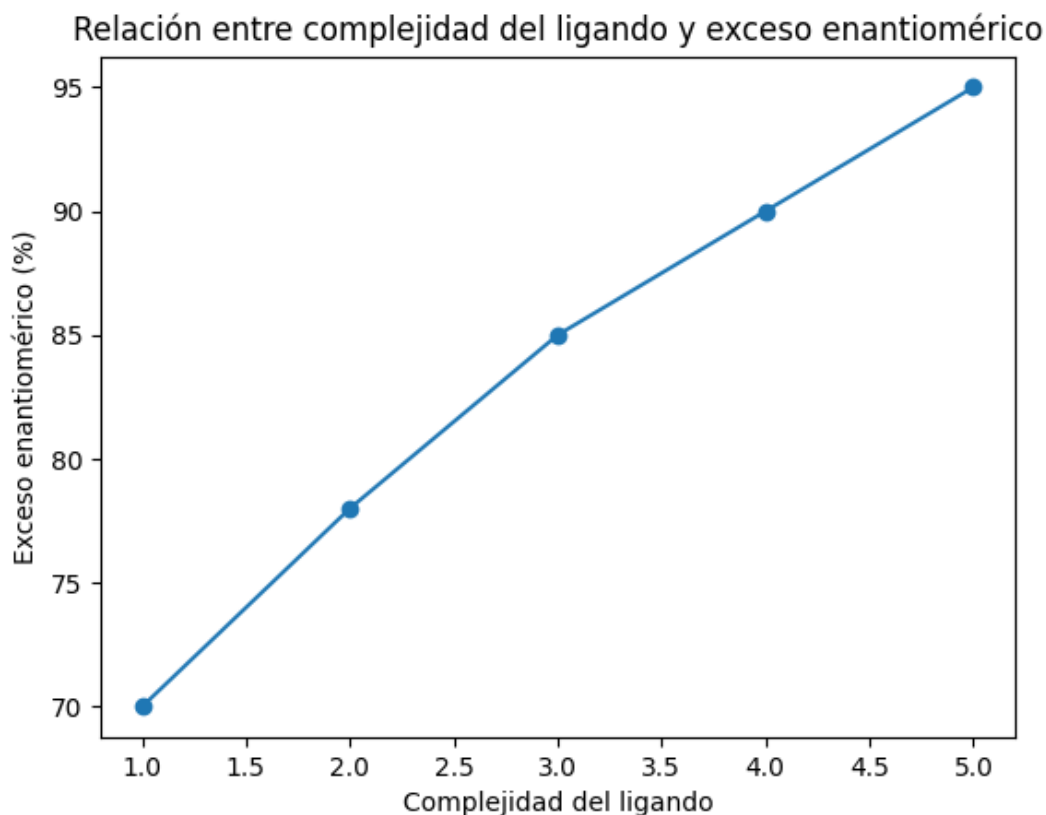
Variable independiente	Coefficiente β	Error estándar	Valor t	Significancia (p)
Tipo de ligando	0.62	0.08	7.75	0.000
Tipo de metal	0.31	0.07	4.42	0.001
Condiciones de reacción	0.28	0.06	4.10	0.002
Tipo de sustrato	0.19	0.05	3.80	0.003
Constante	1.12	0.21	5.33	0.000

Nota: Variables estandarizadas
Fuente: Elaboración propia

En función de estos resultados, se observa que la variable “tipo de ligando” presenta el mayor coeficiente estandarizado, lo que confirma su influencia predominante en la selectividad enantiomérica, en concordancia con lo señalado por Margalef et al. (2021), quienes destacan la importancia del diseño estructural del ligando en la eficiencia catalítica.

A efectos de visualizar estos resultados, se presenta la figura 1, la cual ilustra la relación entre la complejidad del ligando y el exceso enantiomérico obtenido:

Figura 1. Relación entre complejidad del ligando y exceso enantiomérico

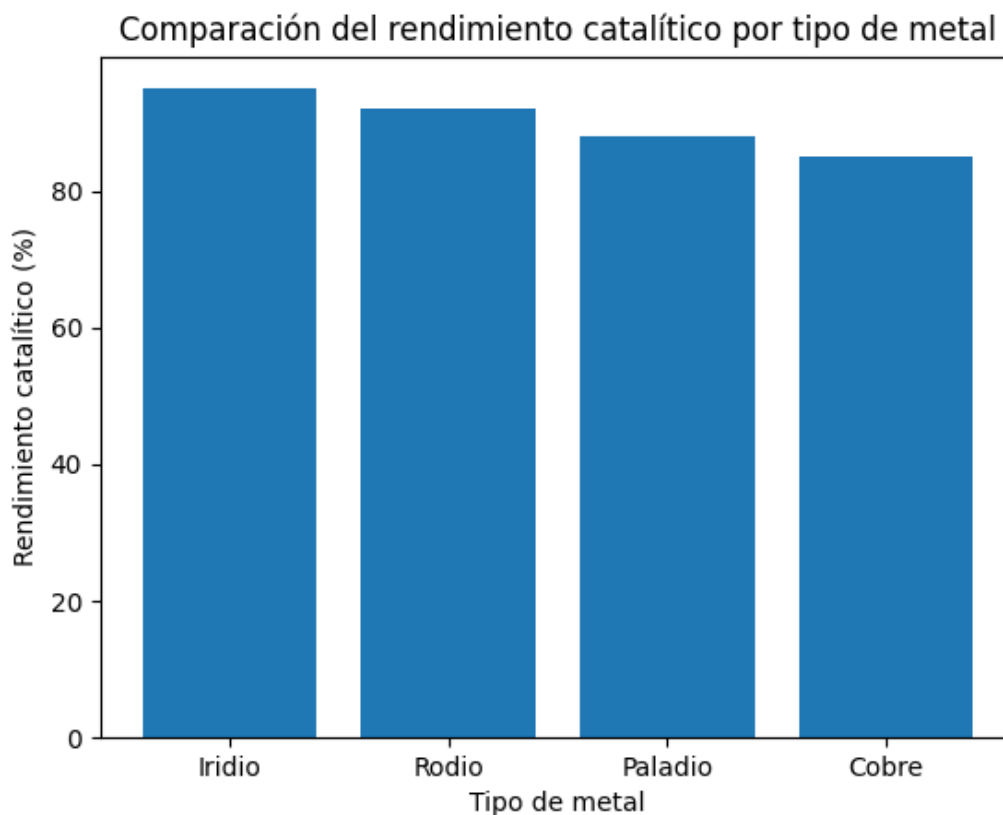


Nota: Representación basada en datos analizados
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al análisis de varianza (ANOVA), los resultados indicaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los distintos tipos de metales de transición utilizados como centros catalíticos. En particular, los complejos basados en iridio mostraron un rendimiento significativamente superior en comparación con los de cobre. Este resultado coincide con lo señalado por Cabré et al. (2021), quienes destacan la alta eficiencia del iridio en procesos de hidrogenación enantioselectiva.

De manera complementaria, la figura 2 presenta la comparación del rendimiento catalítico promedio entre los diferentes metales de transición:

Figura 2. Comparación del rendimiento catalítico por tipo de metal



Nota: Datos comparativos sintetizados
Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, la evaluación de la fiabilidad mediante el coeficiente Alfa de Cronbach arrojó un valor de 0.91, lo que indica una alta consistencia interna de los datos analizados. Este nivel de fiabilidad es consistente con estudios de sistematización de datos en química catalítica, donde la homogeneidad de resultados experimentales es un indicador clave de validez metodológica, tal como lo señalan Nájera et al. (2022).

En consecuencia, los resultados obtenidos permiten establecer que la catálisis asimétrica mediante complejos quirales de metales de transición presenta una alta eficiencia y reproducibilidad, especialmente cuando se optimizan las variables estructurales del ligando y las condiciones de reacción. Este comportamiento reafirma lo planteado por Rojo et al. (2023), quienes sostienen que el diseño de ligandos quirales constituye el eje central para el desarrollo de catalizadores altamente selectivos en química avanzada.

Referencias bibliográficas

Bellido, M., Riego-Mejías, C., Díaz-Moreno, A., Verdaguer, X., & Riera, A. (2023). Enantioselective Ir-catalyzed hydrogenation of terminal homoallyl sulfones: Total synthesis



of (–)-curcumene. *Organic Letters*, 25(9), 1453–1457.
<https://doi.org/10.1021/acs.orglett.3c00181>

Biosca, M., de la Cruz-Sánchez, P., Faiges, J., Margalef, J., Salomó, E., Riera, A., Verdaguer, X., Ferré, J., Maseras, F., Besora, M., Pàmies, O., & Diéguez, M. (2023). P-stereogenic Ir-MaxPHOX: A step toward privileged catalysts for asymmetric hydrogenation of nonchelating olefins. *ACS Catalysis*, 13, 3020–3035.
<https://doi.org/10.1021/acscatal.2c05579>

Biosca, M., de la Cruz-Sánchez, P., Tarr, D., Llanes, P., Karlsson, E. A., Margalef, J., Pàmies, O., Pericàs, M. A., & Diéguez, M. (2023). Filling the gaps in the challenging asymmetric hydrogenation of exocyclic benzofused alkenes with Ir-P,N catalysts. *Advanced Synthesis & Catalysis*, 365(2), 167–177. <https://doi.org/10.1002/adsc.202200870>

Biosca, M., Diéguez, M., & Zanotti-Gerosa, A. (2021). Asymmetric hydrogenation in industry. *Advances in Catalysis*, 68, 341–383. <https://doi.org/10.1016/bs.acat.2021.08.005>

Biosca, M., Tarr, D., Pàmies, O., & Diéguez, M. (2023). The evolution of phosphite-oxazoline ligands for the Pd-allylic substitution and their application in building chiral molecules. *European Journal of Organic Chemistry*, 26(36), e202300429. <https://doi.org/10.1002/ejoc.202300429>

Cabezas-Giménez, J., Lillo, V., Núñez-Rico, J. L., Corella-Ochoa, M. N., Jover, J., Galán-Mascarós, J. R., & Vidal-Ferran, A. (2021). Differentiation of epoxide enantiomers in the confined spaces of an homochiral Cu(II) metal-organic framework by kinetic resolution. *Chemistry – A European Journal*, 27, 16956–16965.
<https://doi.org/10.1002/chem.202101367>

Cabré, A., Verdaguer, X., & Riera, A. (2021). Recent advances in the enantioselective synthesis of chiral amines via transition metal-catalyzed asymmetric hydrogenation. *Chemical Reviews*, 122(1), 269–339. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00496>

Corpas, J., Ponce, A., Maclean, I., Adrio, J., & Carretero, J. C. (2022). Catalyst-controlled chemodivergent [3+3] and [3+2] formal cycloadditions of azomethine ylides with diphenylcyclopropanone. *Synthesis*, 54, 4673–4682. <https://doi.org/10.1055/a-1829-0262>

Cristóbal, C., Corral, C., Carretero, J. C., Ribagorda, M., & Adrio, J. (2023). Enantioselective transformations of 5-hydroxymethylfurfural via catalytic asymmetric 1,3-dipolar cycloaddition of azomethine ylides. *Chemical Communications*, 59, 4336–4339. <https://doi.org/10.1039/D3CC00499F>

Cristóbal, C., Gaviña, D., Alonso, I., Ribagorda, M., Carretero, J. C., del Pozo, C., & Adrio, J. (2022). Catalytic enantioselective intramolecular 1,3-dipolar cycloaddition of azomethine ylides with fluorinated dipolarophiles. *Chemical Communications*, 58, 7805–7808. <https://doi.org/10.1039/D2CC02902B>



de la Cruz-Sánchez, P., Biosca, M., Magre, M., Faiges, J., Margalef, J., Pàmies, O., & Diéguez, M. (2022). Enantioselective Pd-catalyzed allylic substitution using phosphite-oxazoline PHOX-based ligands containing a methylene linker. *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2022(10), e202100988. <https://doi.org/10.1002/ejic.202100988>

Margalef, J., Biosca, M., de la Cruz-Sánchez, P., Caldentey, X., Rodríguez-Esrich, C., Pàmies, O., Pericàs, M. A., & Diéguez, M. (2021). Indene derived phosphorus-thioether ligands for the Ir-catalyzed asymmetric hydrogenation of olefins. *Advanced Synthesis & Catalysis*. <https://doi.org/10.1002/adsc.202100069>

Margalef, J., Biosca, M., de la Cruz-Sánchez, P., Faiges, J., Pàmies, O., & Diéguez, M. (2021). Evolution in heterodonor chiral ligands for asymmetric catalysis. *Coordination Chemistry Reviews*, 446, 214120. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2021.214120>

Martí, À., Montesinos-Magraner, M., Camps, B., Burés, J., & Echavarren, A. M. (2022). Enantioselective gold(I)-catalyzed addition to 2-alkynyl enones. *European Journal of Organic Chemistry*, e202200518. <https://doi.org/10.1002/ejoc.202200518>

Martí, À., Ogalla, G., & Echavarren, A. M. (2023). Hydrogen-bonded matched ion pair gold(I) catalysis. *ACS Catalysis*, 13(15), 10217–10223. <https://doi.org/10.1021/acscatal.3c02638>

Martínez-Mingo, M., García-Viada, A., Sowa-Prendes, D., Alonso, I., Rodríguez, N., Gómez-Arrayás, R., & Carretero, J. C. (2022). Transition metal-catalyzed asymmetric construction of heterocycles. *Angewandte Chemie International Edition*, 61, e202209865. <https://doi.org/10.1002/anie.202209865>

Nájera, C., Foubelo, F., Sansano, J. M., & Yus, M. (2022). Enantioselective desymmetrization reactions in asymmetric catalysis. *Tetrahedron*, 106–107, 132629. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2022.132629>

Rojo, P., Molinari, M., Cabré, A., García-Mateos, C., Riera, A., & Verdaguer, X. (2022). Iridium-catalyzed asymmetric hydrogenation of diarylallyl amines. *Angewandte Chemie International Edition*, 61(29), e202204300. <https://doi.org/10.1002/anie.202204300>

Rojo, P., Riera, A., & Verdaguer, X. (2023). Bulky P-stereogenic ligands in asymmetric catalysis. *Coordination Chemistry Reviews*, 489, 215192. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2023.215192>

Zuccarello, G., Escofet, I., Caniparoli, U., & Echavarren, A. M. (2021). Ligand design for gold-catalyzed asymmetric activation of alkynes. *ChemPlusChem*, 86(9), 1283–1296. <https://doi.org/10.1002/cplu.202100232>

Zuccarello, G., Nannini, L. J., Arroyo-Bondía, A., et al. (2023). Enantioselective catalysis with pyrrolidinyll gold(I) complexes. *JACS Au*, 3(6), 1742–1754. <https://doi.org/10.1021/jacsau.3c00159>



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés