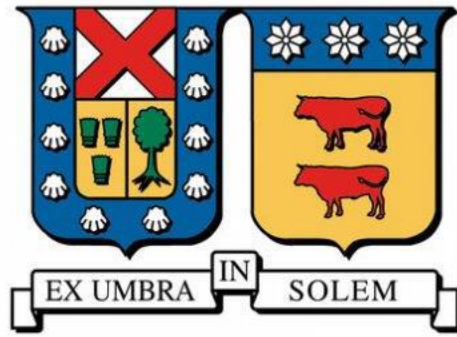




UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**¿PROGRESO PARA TODOS? LA DINÁMICA ENTRE INNOVACIÓN Y
DESIGUALDAD ECONÓMICA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR
DIEGO IGNACIO IBACETA APABLAZA

PROFESOR GUÍA
BERNARDO PINCHEIRA

SANTIAGO DE CHILE, 03 DE JUNIO, 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: ¿Progreso Para Todos? La Dinámica Entre Innovación y Desigualdad Económica

Nombre del candidato(a): Diego Ignacio Ibaceta Apablaza

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Industrial

Campus: Santiago Vitacura ; **Departamento:** Industrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Bernardo Pincheira Sarmiento, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 26-06-2025

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 26-06-2025

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Índice

Problema De Investigación	1
Objetivos	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
Marco Teórico	5
Innovación	5
<i>¿Qué es la Innovación?</i>	5
<i>Factores Claves en la Innovación</i>	6
<i>Medición del Nivel de Innovación</i>	8
Desigualdad Económica	9
<i>¿Qué es la desigualdad?</i>	9
<i>Teorías sobre la desigualdad económica</i>	10
<i>Medición de la desigualdad</i>	12
<i>Efectos de la Desigualdad</i>	14
Econometría	15
<i>¿Qué es la Econometría?</i>	15
<i>Panel de Datos</i>	16
<i>Modelos Econométricos Aplicados a Paneles de Datos</i>	18
Datos	21
Análisis de países, variables y estadística descriptiva	22
Metodología	30
Descripción del Modelo	30
Análisis Previo	32
<i>No estacionariedad de las variables</i>	33
<i>No existencia de Cointegración</i>	38
<i>Multicolinealidad</i>	40
<i>Heterocedasticidad</i>	41
<i>Dependencia Transversal</i>	43
<i>Autocorrelación Serial</i>	45
Estimación	46
<i>Regresión PCSE (Panel Corrected Standard Errors)</i>	47
Causalidad	47

Análisis de Resultados	49
Estimación	49
Causalidad	53
Limitaciones, Recomendaciones y Conclusiones del Estudio.....	55
Limitaciones.....	55
Recomendaciones	55
Conclusiones	56
Referencias.....	60
Anexos	64
Anexo A.....	64
Anexo B.....	65
Anexo C.....	66
Anexo D.....	67
Anexo E.....	68

Problema De Investigación

La innovación ha sido ampliamente reconocida como un factor clave para el desarrollo económico y social. A lo largo de la historia, los avances tecnológicos han permitido la transformación de sectores productivos, la mejora en eficiencia del trabajo y el surgimiento de nuevos modelos de negocio (Rommer, 1990). El concepto de “destrucción creativa”, establece que el capitalismo se reinventa a través de la innovación, eliminando industrias obsoletas y reemplazándolas con nuevas oportunidades económicas (Schumpeter, 1976).

En la actualidad, la innovación se manifiesta de múltiples formas, como desarrollo de inteligencia artificial, biotecnología o incluso en la consolidación de modelos de negocio digitales, siendo un factor crucial para el progreso.

Desde la teoría económica, se ha demostrado que la innovación está estrechamente relacionada con el crecimiento económico. La inversión en Investigación y desarrollo (I+D) y la acumulación de conocimiento son motores fundamentales de crecimiento a largo plazo (Verba, 2022). Impulsando la creación de empleo en sectores altamente tecnificados, mejorando la calidad del trabajo y promoviendo la expansión de la economía digital (Acemoglu y Restrepo, Artificial intelligence, automation, and work, 2018). Sin embargo, no todos los sectores de la sociedad se benefician de manera equitativa de estos avances.

La desigualdad económica, entendida como la distribución asimétrica de los ingresos en la población (Campos Vázquez y Rodas Milian, 2019) ha sido un problema persistente para muchas economías desarrolladas, a pesar del aumento del Producto Interno Bruto per cápita de muchos

países, no ha sido acompañado por una distribución equitativa del ingreso, según datos del World Inequality Report 2022, el 10% más rico de la población mundial concentra el 52% del ingreso global, mientras que el 50% más pobre apenas concentra el 8,5% (Chancel et al., 2021). Esta situación ha sido provocada por diversos factores, tales como variabilidad del mercado laboral, automatización del trabajo y la concentración de los ingresos en industrias tecnológicas (Hoffmann et al., 2020).

La relación entre desigualdad y crecimiento económico ha sido objeto de múltiples estudios. Algunos puntos de vista establecen que la desigualdad puede incentivar la inversión y la innovación, al proporcionar mayores retornos a las personas que asumen mayor riesgo financiero (Barro, 2000). En cambio, otras investigaciones establecen que una alta desigualdad puede ser perjudicial para el crecimiento, específicamente por la limitación en la acumulación de capital humano (Aiyar y Ebeke, 2020).

En este contexto, la innovación, que es reconocido como un importante motor de desarrollo económico, añade una nueva arista en el análisis de la relación entre la desigualdad y crecimiento. Aunque existe consenso respecto a su contribución en el desarrollo económico, su impacto en la distribución es motivo de debate. Algunos estudios han encontrado que la innovación puede exacerbar la desigualdad al concentrar los beneficios en sectores con acceso privilegiado a educación y capital (Aghion et al., 2019). La automatización y la digitalización han reducido la demanda de empleo en sectores de menor calificación, lo que ha llevado a una polarización del mercado laboral y a un incremento en la brecha salarial (Acemoglu y Restrepo, Artificial intelligence, automation, and work, 2018). Aghion et al. (2019) demostraron que en países

desarrollados el aumento de la innovación está correlacionado con el aumento de la participación del 1% más rico del país en el ingreso del país, sugiriendo que el proceso tecnológico puede beneficiar de manera desproporcionada a algunos grupos económicos.

Por otro lado, también se ha demostrado que el impacto de la innovación en la desigualdad es variable, dependiendo del nivel de inversión en I+D, si se supera un umbral mínimo de 0,10% del PIB, se observan efectos positivos en la equidad económica, en cambio, en países con bajo nivel de inversión en I+D, se observan beneficios desproporcionados hacia los sectores económicos del nivel alto (Risso y Sánchez Carrera, 2018).

Dado este contexto surgen las siguientes preguntas de investigación ¿Existe relación entre el nivel de innovación y la desigualdad? En caso de que exista ¿Cuál es la dirección de causalidad entre ellas? ¿Cuál es el impacto de la innovación en la desigualdad de ingresos?

En este trabajo, tiene como objetivo analizar los mecanismos a través de los cuales la innovación influye en la distribución de ingreso, proporcionando evidencia empírica sobre el impacto en diferentes economías.

Objetivos

Objetivo General

Comprender la relación entre el nivel de innovación y la desigualdad económica, mediante un análisis econométrico, para aportar evidencia empírica que amplie el conocimiento teórico existente sobre las dinámicas entre progreso tecnológico y distribución del ingreso.

Objetivos Específicos

Investigar la documentación disponible con el fin de identificar variables importantes, enfoques y metodologías utilizadas en estudios similares.

Creación de una base de datos a partir de fuentes confiables para realizar análisis cuantitativos y cualitativos sobre ambas variables.

Realizar un análisis de datos sólido para determinar el método óptimo de estimación para determinar acciones correctivas y confirmar la validez del modelo.

Obtener los coeficientes de estimación de las variables y su significancia estadística para verificar el impacto de las variables independientes en la desigualdad económica.

Determinar la dirección de causalidad entre el nivel de innovación y la desigualdad económica para comprender la relación entre ambas variables.

Marco Teórico

Innovación

La innovación es un factor central para el crecimiento económico sostenido, aumentando la competitividad internacional y acelerando la transformación de estructuras productivas en la sociedad. En las últimas décadas, su estudio ha cobrado especial relevancia, ya sea por su estrecho vínculo con la productividad, el progreso tecnológico o por los efectos en la sociedad que esta tiene. A continuación, se abordarán definiciones conceptuales, enfoques teóricos, factores determinantes y formas de medir el nivel de innovación, para tener una mayor comprensión de este concepto.

¿Qué es la Innovación?

Definición. El Manual de Oslo es la guía metodológica internacional más importante para la interpretación y recolección de datos sobre innovación, es publicada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Definen innovación como una mejora significativa de un producto, proceso o método de organización (interna, externa o incluso del lugar de trabajo) (OECD y Eurostat, Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 2018).

Este enfoque amplía la visión tradicional del concepto, ligada principalmente a la tecnología, integrando otras formas, como la organizacional, comercial, social, entre otras. Asimismo, el Manual también distingue otros aspectos de la innovación, como por su grado de novedad (mejoras incrementales o innovaciones disruptivas), por el tipo de objeto que se está mejorando (innovación de producto o innovación de proceso), entre otros.

Por último, el Manual de Oslo hace hincapié en que una innovación debe estar implementada para ser considerada como tal, ideas no ejecutadas no entran en dicha categoría.

Enfoques clásicos: Schumpeter y la destrucción creativa. En la obra *Capitalism, Socialism and Democracy*, su autor Schumpeter (1976), establece el concepto de “destrucción creativa”, donde la innovación no solo implica descubrimientos técnicos, sino también la obsolescencia de antiguas innovaciones, procesos productivos, empleos e industrias.

Este enfoque propone a la innovación como una fuerza dinámica que impulsa el desarrollo, revolucionando la estructura económica, destruyéndola y creando ininterrumpidamente una nueva (Schumpeter, 1976). Este proceso de cambio constante desestabiliza estructuras productivas, creando y eliminando nuevos empleos y rubros, redistribuyendo beneficios entre agentes económicos, y por qué no, afectando a la población no preparada.

Tipos de Innovación: Innovación Tecnológica. A pesar de que existen diferentes tipos de innovación, esta vez se hará hincapié en la innovación tecnológica, esta hace alusión a la aplicación de conocimientos científicos y técnicos para desarrollar nuevos (o mejorar los existentes) productos y/o procesos (OECD y Eurostat, Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 2018). Teóricamente, es uno de los pilares de los modelos de crecimiento endógeno, fomentando el progreso económico a partir de decisiones internas de inversión en apartados como conocimiento, desarrollo de capital humano y tecnología (Rommer, 1990), teniendo como principales ejemplos a países como Corea del Sur, China o Japón, que incluso este último ha dejado de lado su apartado militar, centrando sus esfuerzos principalmente en innovación tecnológica.

Factores Claves en la Innovación

El desarrollo y difusión de la innovación dependen de un conjunto de factores estructurales, institucionales y económicos que facilitan o restringen su aparición, existen diversos apartados que afectan a la innovación, a continuación, se detallarán algunos de ellos.

Capital Humano, Educación y Formación. La disponibilidad de una fuerza laboral calificada es uno de los determinantes más relevantes de la capacidad innovadora de un país. Una población con altos niveles de educación formal, formación técnica y habilidades STEM, es más capaz de generar, adaptar y aplicar nuevas ideas (OECD, OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2021: Times of Crisis and Opportunity, 2021).

Además, la educación y el capital humano son importantes en modelos de crecimiento económico. En un comienzo, Solow (1956), desarrolla un modelo que muestra cómo la acumulación de capital (físico), el crecimiento de la población y el progreso tecnológico interactúan para determinar el crecimiento económico a largo plazo, siendo uno de los artículos más influyentes en la economía del crecimiento. A partir de este, se han realizado diferentes ampliaciones de este modelo incluyendo más variables, entre ellas, la acumulación de capital humano, Mankiw, Romer y Weil (1992) demuestran que más de un 80% de la variación en el ingreso económico per cápita entre países se puede explicar con tres variables: tasas de ahorro, tasas de crecimiento poblacional e inversión en capital humano, este último teniendo un efecto positivo en el ingreso per cápita de los países.

Gasto Público y Privado. La inversión en investigación y desarrollo por parte del Estado y del sector privado es importante para la gestación de innovación, el gasto público puede complementar al privado y reducir fallos de mercado.

Entorno Institucional y Marcos Regulatorios. Aspectos como la estabilidad institucional, la protección de derechos de propiedad intelectual y la transparencia normativa son aspectos importantes para que el sector privado se arriesgue a innovar. Esto también afecta en gran medida la distribución de beneficios y la difusión social.

Apertura Comercial y Competencia Internacional. La participación en mercados globales estimula la innovación, ya sea por la presión competitiva presente en el mundo globalizado, motivando y empujando al desarrollo de nuevos productos y tecnologías, o por el mejor acceso a nuevas tecnologías y conocimientos provenientes del exterior.

Medición del Nivel de Innovación

Debido al carácter intangible de la innovación, es complejo medirla directamente, pero existen diferentes indicadores que pueden explicar de manera consistente el nivel de innovación de un sector, rubro o país.

Gasto en Investigación y Desarrollo (I+D). Este indicador cuantifica la inversión realizada en actividades científicas, tecnológicas y de ingeniería destinadas a la generación de nuevo conocimiento, se expresa generalmente como porcentaje respecto al PIB del país y ha sido utilizado en diferentes estudios empíricos, como en Risso (2018).

Número de Solicitudes de Registro de Patentes por Millón de Habitantes. El registro de patentes se utiliza como forma de medir la producción de conocimiento técnico, si bien, no todas las innovaciones se patentan y no todas las patentes se traducen en ideas implementadas, este indicador sigue siendo una métrica relevante en cuanto a la innovación tecnológica.

Indicadores Compuestos. Existen diferentes índices compuestos capaces de medir el nivel de innovación, por ejemplo, el Global Innovation Index o el Índice de Complejidad Económica, ambos consideran múltiples factores (educación, institucional, estructural, entre otros) en su cálculo, para evaluar la capacidad innovadora de un país.

Con el objetivo de profundizar la comprensión de la medición del nivel de innovación, se construyó una matriz de correlaciones utilizando las tres medidas estipuladas anteriormente, el

gasto público en Investigación y Desarrollo (I+D), el número de solicitudes de registro de patentes por millón de habitantes y un indicador compuesto, que en este caso, corresponde al “Global Innovation Index. Los datos utilizados corresponden a los países de Brasil, Chile, Corea del Sur, España y Estados Unidos, para el periodo comprendido entre los años 2014 y 2020. En la **Tabla n°1**, disponible en anexo, se pueden observar los datos utilizados y en la **Tabla n°2**, disponible a continuación, se pueden observar los resultados.

Correlación	I+D	Sol. Patentes	GII
I+D	1,00	0,92	0,79
Sol. Patentes	0,92	1,00	0,88
GII	0,79	0,88	1,00

Tabla n°2: *Tabla de índices de correlación entre el gasto público en I+D (I+D), el número de solicitudes de registro de patentes por millón de habitantes (Sol. Patentes) y el Global Innovation Index (GII).*

Como se puede observar en la **Tabla n°2**, se aprecian índices de correlación elevados entre las tres variables, mostrando que son congruentes entre sí al medir el nivel de innovación.

Desigualdad Económica

La desigualdad es uno de los fenómenos económico-social más relevantes y persistentes a nivel mundial. Niveles elevados o crecientes de desigualdad pueden representar una amenaza para la cohesión social, la movilidad intergeneracional y el crecimiento económico sostenible (Stiglitz, 2012).

¿Qué es la desigualdad?

Definición. En términos generales, la desigualdad económica hace referencia a las diferencias en la distribución del ingreso, riqueza u otras dimensiones del bienestar económico entre individuos, hogares o grupos sociales dentro de una sociedad (Atkinson y Bourguignon,

2014). Esta distribución puede evaluarse en función de resultados (desigualdad de ingresos o riqueza) o de oportunidades (desigualdad en acceso a bienes básicos, educación, salud, etc.).

Dimensiones de la Desigualdad. Existen diferentes dimensiones que abarca la desigualdad económica.

Desigualdad de Ingresos y Riqueza. Disparidad en los flujos de ingresos o en la acumulación de activos entre personas o grupos.

Desigualdad de Oportunidades. Diferencias en las condiciones iniciales que afectan el desarrollo personal y profesional de las personas, como el nivel educativo de los padres, género, lugar de nacimiento, entre otros (Piketty, 2014).

Desigualdad Regional o Territorial. Diferencias socioeconómicas entre regiones de un mismo país, mostrando las disparidades en accesos a servicios, infraestructura, empleo, etc.

Desigualdad Estructural. Disparidades relacionadas al funcionamiento de las instituciones, normas sociales y políticas públicas.

Teorías sobre la desigualdad económica

Curva de Kuznets. El autor Kuznets (1955) plantea la hipótesis que a medida que una economía se desarrolla, la desigualdad tiende a aumentar en un inicio, luego esta disminuye, obteniendo una forma de U invertida. Este estudio sigue el patrón de una sociedad agrícola que evoluciona a una industrial, donde la redistribución de ingresos se realiza por medio de políticas fiscales. A continuación, el ***Figura n°1*** muestra de forma ilustrativa como se ve la curva de Kuznets.

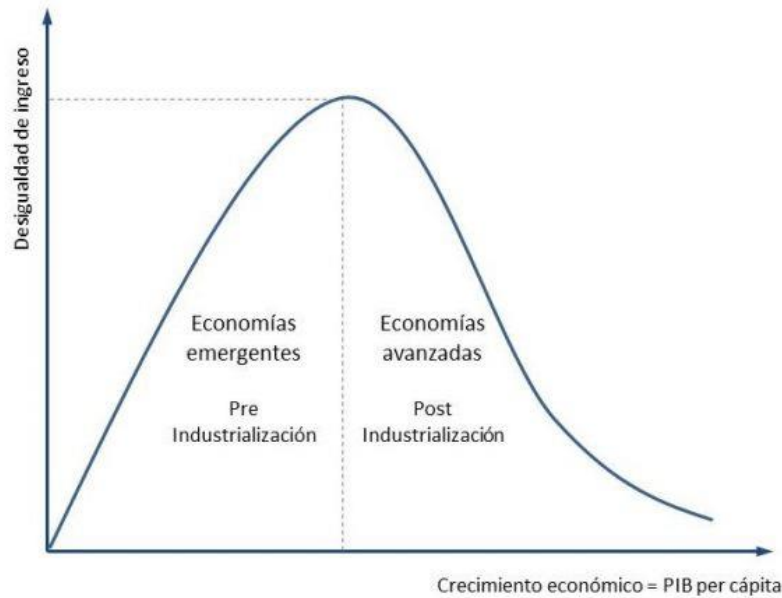


Figura n°1: *Gráfico de curva de Kuznets sobre la desigualdad de ingreso versus el PIB per cápita, tomado de Páez (2021).*

Trabajos más recientes, han cuestionado la validez de esta teoría, Cornia (2014) revisa la evolución de la desigualdad en países de ingreso medio y alto, donde se presencia que en los años 80 y 90, muchos países vieron aumentos sostenidos en sus niveles de desigualdad, a pesar de su nivel de desarrollo económico e industrial. El autor argumenta que factores como las reformas laborales, avances tecnológicos y la globalización han alterado los mecanismos redistributivos propuestos por Kuznets.

Enfoques Estructurales y Duales del Desarrollo. Autores como Lewis (1954) explican la desigualdad desde la coexistencia de sectores con distintos niveles de productividad, uno tradicional (generalmente agrícola) y otro moderno (industrial). La migración desde el primer mencionado hacia el segundo genera un crecimiento económico, acompañado también, de una desigualdad ascendente.

Teoría Institucional y Distributiva. Stiglitz (2012) argumenta que la desigualdad no es únicamente un resultado producto de mecanismos de mercado, sino que está fuertemente influida por las instituciones y políticas fiscales.

Enfoques Contemporáneos. Investigaciones más recientes han abordado nuevas formas de desigualdad, esta vez, relacionadas a dimensiones como la globalización, cambio tecnológico, automatización y economía digital. La desigualdad se ha desplazado desde una división entre países hacia una división dentro de los mismos, especialmente en economías desarrolladas (Milanovic, *Global inequality: A new approach for the age of globalization*, 2016).

Medición de la desigualdad

La medición de la desigualdad permite realizar comparaciones entre sectores, regiones y países, así como también, identificar cambios en el tiempo y la evaluación de políticas públicas. Entre las medidas más utilizadas están:

Índice de Gini. Es el indicador más común, toma valores entre 0 (igualdad perfecta) y 1 (máxima desigualdad), se calcula a partir de la curva de Lorenz (que grafica el porcentaje acumulado del ingreso del total de la población versus al porcentaje acumulado de la población ordenada de menor a mayor ingreso) y la curva de perfecta igualdad. Una de sus principales ventajas es que se puede aplicar a diferentes distribuciones de ingreso, ya sea ingreso bruto (antes de impuestos, ingreso disponible (después de impuestos), ingreso per cápita, entre otros, permitiendo utilizarlo en diferentes estudios comparativos o análisis de políticas fiscales.

Cuantiles y Percentiles. Estos indicadores comparan los ingresos de distintos segmentos de la población. Por ejemplo, el ratio 10/40 (o también conocido como “ratio de Palma”) compara la participación en el ingreso nacional del 10% más rico con la participación del 40% más pobre,

centrándose más en los extremos de la distribución, permitiendo analizar cuánta desigualdad existe entre quienes concentran mayores ingresos y los sectores más vulnerables.

Con el objetivo de profundizar el conocimiento sobre la medición del nivel de desigualdad, se construyó una **Tabla n°3**, disponible en anexo, con datos sobre el índice de Gini y el ratio de Palma (ambos antes de impuestos) para los países de Argentina, Brasil, Chile, Estados Unidos y Japón, en el periodo de los años 2014-2018. A partir de esos valores, se construyó la **Tabla n°4**, que contiene los indicadores de correlación entre ambas mediciones, para así verificar su interacción.

Correlación	Palma ratio	Gini A/I
Palma ratio	1,00	0,98
Gini A/I	0,98	1,00

Tabla n°4: *Tabla de índices de correlación entre el ratio de Palma y el índice de Gini,*

Como se puede apreciar en la **Tabla n°4**, el indicador de correlación entre ambas mediciones es alto y positivo, lo que indica que ambas son congruentes en la medición de la desigualdad.

Existe otro aspecto importante a la hora de medir la desigualdad, este aspecto corresponde al “momento” en el que se realiza la medición, específicamente, a si esta medición es antes o después de impuestos o medidas redistributivas.

Desigualdad Antes y Después de Impuestos. La desigualdad medida antes de impuestos corresponde a la “desigualdad de mercado”, mientras que la medida después de impuestos y transferencias corresponde a la “desigualdad disponible”, que es posterior a las medidas y políticas redistributivas, esta diferencia permite analizar la eficacia del sistema fiscal y de protección social. Para evidenciar esto, el **Gráfico n°1** muestra como varía el índice de Gini medido antes y después

de impuestos, reflejando el efecto de las medidas redistributivas, los datos corresponden a Brasil en el periodo entre los años 2011 a 2021.

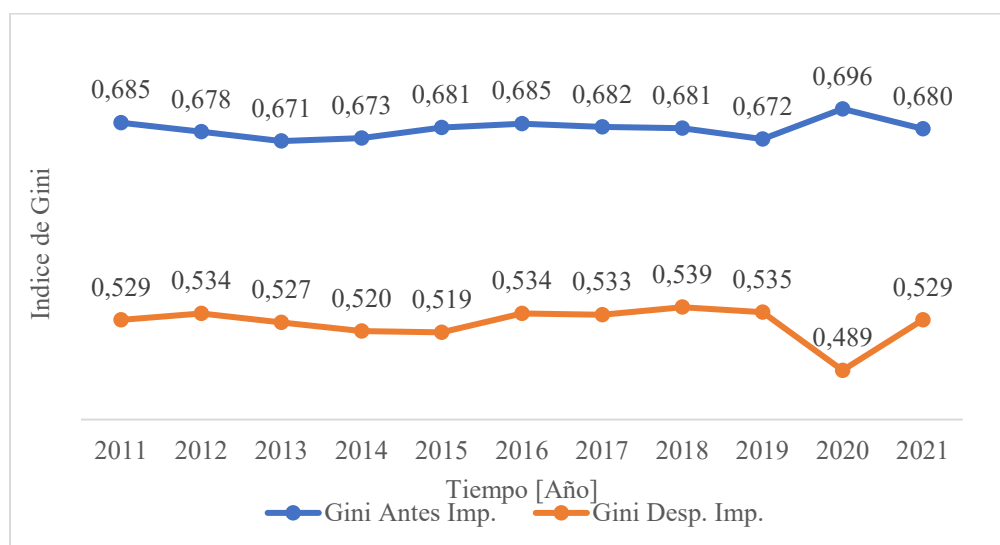


Gráfico n°1: Gráfico comparativo del índice de Gini antes y después de impuestos.

Efectos de la Desigualdad

Efecto Sobre el Crecimiento Económico. Existen estudios que plantean que cierto nivel de desigualdad incentiva la inversión y la innovación, al generar retornos esperados que motivan la inversión (Barro, 2000). Sin embargo, también existen otros documentos que indican que niveles elevados o persistentes de desigualdad económica pueden frenar el crecimiento económico y generar inestabilidad macroeconómica (Ostry et al., 2014).

Efectos Sociales e Institucionales. La desigualdad puede erosionar la cohesión social, debilitar la confianza en las instituciones y generar conflictos políticos. Según Stiglitz (2012), puede incluso tener consecuencias en la democracia, afectando el sentido de representación política de las personas y favoreciendo la captura del Estado por élites económicas. Según Milanovic (2019), altos niveles de desigualdad pueden intensificar la polarización política y así,

el descontento social, también dificulta la adopción de políticas redistributivas, generando una desigualdad persistente.

Efectos Sobre el Capital Humano. En sociedades con un nivel alto de desigualdad, los sectores más desfavorecidos enfrentan barreras considerables para acceder a una educación de calidad, salud, vivienda y oportunidades laborales, reduciendo la acumulación de capital humano y afectando el intercambio generacional (Cingano, 2014). Además, la desigualdad restringe la movilidad social, al limitar aspiraciones educativas de sectores socioeconómicos bajos (OECD, 2018).

Efecto sobre la Innovación. La relación entre desigualdad e innovación es compleja, por un lado, la desigualdad puede ser contraproducente al desincentivar la inversión en innovación, o también, en actividades que favorezcan la innovación (inversión en educación en habilidades STEM o similar). Pero, por otro lado, puede generar incentivos en la élite económica para buscar ventajas competitivas (Aghion et al., 2019).

Econometría

La econometría es una herramienta fundamental para el análisis económico contemporáneo, ya que permite verificar y cuantificar relaciones entre variables, probar hipótesis teóricas y generar predicciones a partir de datos observados. En el contexto de la investigación, la econometría es la principal herramienta de análisis utilizada para determinar la relación entre innovación y desigualdad a partir de datos de panel.

¿Qué es la Econometría?

La econometría es una disciplina que permite analizar relaciones económicas de forma empírica a través de herramientas matemáticas y estadísticas. O también es definida como una

amalgama de disciplinas como la economía teórica, economía matemática, economía estadística, que busca proporcionar contenido empírico a las teorías económicas (Gujarati y Porter, 2009). Sus aplicaciones van desde estudios microeconómicos (por ejemplo, comportamiento del consumidor), macroeconómicos, políticas públicas e incluso estudios sociológicos.

Panel de Datos

Los datos de panel combinan observaciones de corte transversal, es decir, diferentes unidades (como individuos, empresas o países), con observaciones temporales (distintos años o periodos). Este tipo de datos ofrece varias ventajas frente a los modelos de series temporales o de corte transversal tradicional, ya que permite mejorar la eficiencia estadística y analizar dinámicas temporales complejas (Baltagli, 2005).

Estructura de Datos de Panel. Los datos de panel están estructurados en dos dimensiones, la dimensión “*i*” identifica la unidad de la observación (individuo, empresa, país, entre otros), la dimensión “*t*” representa el tiempo (año, trimestre, mes, entre otros).

Como un panel de datos puede comprender muchas unidades y múltiples observaciones temporales, la disponibilidad de los datos no siempre es óptima, por lo que se hace diferencia cuando la base de datos está completa o no. Los paneles balanceados contemplan datos completos, es decir, todas las unidades cuentan con la misma cantidad de observaciones para los mismos periodos, en cambio, los paneles desbalanceados, presentan algunas unidades con datos ausentes en ciertos periodos.

Supuestos de un Modelo de Panel de Datos. Para que las estimaciones econométricas en datos de panel sean válidas, se deben cumplir ciertos supuestos fundamentales, detallados a continuación.

Linealidad del modelo. Se asume que la relación entre la variable dependiente y las independientes es lineal en los parámetros, esto permite aplicar métodos de regresión lineal para la estimación. El incumplimiento de este supuesto puede llevar a resultados mal especificados e incluso, en casos más extremos, generar sesgo, afectando la validez del modelo.

No Multicolinealidad perfecta. El modelo requiere que las variables explicativas no estén perfectamente correlacionadas entre sí, el no cumplimiento de este supuesto impide la estimación del modelo, ya que no se podría descomponer el efecto que ocasiona cada variable.

En caso de que la multicolinealidad no sea perfecta, pero sea alta, los errores estándar aumentan, reduciendo la significancia estadística de los coeficientes y disminuyendo la precisión del modelo.

Exogeneidad Estricta de los Regresores. El supuesto establece que las variables explicativas no estén correlacionadas con el término de error, es decir, no deben ser afectadas por factores no observados contenidos en el error. El no cumplimiento puede generar inconsistencia y sesgo en los estimadores.

Independencia Serial del Error. El supuesto establece que los errores dentro de una misma unidad (individuo, empresa o país) no estén correlacionados en el tiempo. La existencia de autocorrelación serial puede producir que relaciones espurias parezcan estadísticamente significativas.

Homocedasticidad Entre Unidades. Este supuesto indica que la varianza del error es constante para todas las unidades del panel. Si existe heterocedasticidad, los coeficientes estimados no serían eficientes, ya que los errores estándar estarían mal calculados, afectando la validez de las diferentes pruebas de hipótesis.

Ausencia de Dependencia Transversal Entre Unidades. Este supuesto establece que el error de una unidad en un determinado periodo no está correlacionado al error de otra unidad en el mismo periodo. Si existe dependencia transversal entre unidades en el panel, se subestima la varianza de los errores estándar, provocando que relaciones espurias puedan resultar estadísticamente significativas.

Estacionariedad y Cointegración. Si bien, esto no es un supuesto, cuando se trabaja con unidades temporales en un panel de datos, es necesario que estas presenten un comportamiento estacionario (media y varianza constante). En caso de no ser estacionarias, pero las variables resultan ser integradas de primer orden, debe existir cointegración entre ellas. De no cumplirse ninguno de los dos aspectos, puede que las regresiones sean espurias, es decir, pueden aparecer relaciones estadísticamente significativas que en realidad no tienen un vínculo real.

Modelos Económicos Aplicados a Paneles de Datos

Existen diferentes tipos de modelos para un panel de datos, que son aplicables dependiendo de las condiciones y propiedades de los datos a trabajar, a continuación, se presentan 4 de ellos:

Mínimos Cuadrados Ordinarios Agrupados (POLS). El modelo POLS estima una regresión lineal usando todas las secciones como si fueran una sola muestra combinada, ignorando la estructura de panel.

$$y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 x_{1_{i,t}} + \dots + \beta_k x_{k_{i,t}} + u_{i,t}$$

Donde:

- $y_{i,t}$: Variable dependiente de la unidad i, en el tiempo t.
- $x_{k_{i,t}}$: Variables explicativas de la unidad i, en el tiempo t.

- $u_{i,t}$: Término de error compuesto.

No es un caso común la utilización de este modelo, puesto que ignora los efectos no observables por unidad y por tiempo, pero es una buena base para comenzar una investigación.

Efectos Fijos (FE). Contrario al método de estimación anterior, este modelo permite controlar la heterogeneidad no observable entre unidades, asumiendo que no cambia con el tiempo, pero sí afecta a la variable dependiente. Esto se logra permitiendo que cada unidad cuente con su propio intercepto en la ecuación.

$$y_{i,t} = \alpha_i + \beta_1 x_{1,i,t} + \dots + \beta_k x_{k,i,t} + u_{i,t}$$

Donde:

- $y_{i,t}$: Variable dependiente de la unidad i , en el tiempo t .
- $x_{k,i,t}$: Variables explicativas de la unidad i , en el tiempo t .
- α_i : Término de factor no observado de la unidad i .
- $u_{i,t}$: Término de error compuesto.

El supuesto central del modelo de efectos fijos es que cada unidad posee un intercepto propio, pero que ese intercepto es constante en el tiempo y potencialmente correlacionado con los regresores, pero esta condición tiene una limitación importante, solo es posible estimar el efecto de las variables que representan variación temporal dentro de cada unidad, es decir, variables que no presentan un cambio destacable a lo largo del tiempo en cada país (por ejemplo, el tamaño geográfico) quedan absorbidas por el efecto fijo y no pueden ser identificadas en la estimación.

Panel con Corrección de Errores Estándar (PCSE). Cuando se detectan violaciones a los supuestos clásicos, como presencia de heterocedasticidad, autocorrelación serial o dependencia

transversal, es necesario aplicar estimadores robustos. El modelo PCSE, propuesto por Beck y Katz (1995), cumple con esa condición.

El método PCSE comienza a partir de una estimación por Efectos Fijos (FE), pero también estima una matriz de varianzas y covarianzas no esféricas que utiliza para corregir los errores estándar del modelo, sin cambiar los coeficientes calculados a partir de la estimación FE.

Matemáticamente, el modelo se puede representar de la siguiente manera.

$$Y = X\beta + u, \quad u \sim N(0, \Omega)$$

Donde Ω representa la matriz de varianzas y covarianzas no esférica, que refleja la estructura de correlación entre las unidades del panel.

Dirección de Causalidad

Una vez estimado el modelo, es necesario realizar el análisis sobre la dirección de causalidad entre las variables dependientes e independientes, para así tener determinar en mejor medida la verdadera relación entre las variables estudiadas.

La determinación de la dirección de causalidad consiste en identificar si una variable X causa a otra variable Y , si ocurre lo contrario, o si ambas están asociadas por una relación recíproca o por un factor común no observado, este último fenómeno se llama “causalidad bidireccional”.

En el contexto de la investigación actual, es importante determinar la dirección de causalidad de la relación entre desigualdad e innovación, ya que es un factor crucial que debe ser tomado en cuenta para la toma de decisiones, diseño de políticas públicas, entre otros.

Datos

La información utilizada en esta investigación considera un periodo de 18 años, específicamente desde el año 2004 hasta el año 2021 con frecuencia anual, por lo que se contaría con 18 observaciones en el horizonte temporal para cada país. En un comienzo, la investigación contaría con un total de 40 países, de los cuales 38 pertenecen a la Organización para el Crecimiento y el Desarrollo Económico (OCDE) y los 2 países restantes (Argentina y Brasil) están en negociaciones para su futura entrada. Actualmente, la investigación cuenta con 37 países, ya que 3 de ellos (Eslovenia, Irlanda e Italia, todos pertenecientes a la OCDE) fueron descartados por poca disponibilidad de información para el periodo descrito, por lo tanto, la lista de países utilizados para el análisis corresponde a: Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Corea del Sur, Costa Rica, Dinamarca, España, Estados Unidos, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Islandia, Israel, Japón, Letonia, Lituania, Luxemburgo, México, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Suecia, Suiza y Turquía.

Las variables utilizadas en la investigación corresponden a:

- **Inequality:** Variable que mide la desigualdad, definida como el índice de Gini, antes de impuestos, de cada país en cada año, obtenida a partir de la World Inequality Database (WID), corresponde a la variable dependiente del modelo y una de las principales a estudiar.
- **Innovation:** Variable que mide el nivel de innovación, definida como el número de patentes registradas por cada millón de habitantes, obtenida a partir de la base de datos de Our World in Data, proyecto colaborativo entre investigadores de la Universidad de Oxford y la

organización sin fines de lucro Global Change Data Lab, corresponde a la variable independiente a estudiar principalmente.

- Economy: Variable que mide el desarrollo económico, definida como el Producto Interno Bruto Per Capita del país, obtenida a partir de la base de datos del Banco Mundial.
- Unemployment: Variable que mide el nivel de desempleo, definida como la tasa de desempleo del país, también se obtiene a partir de la base de datos del Banco Mundial.
- Inflation: Variable que mide el nivel de inflación, definida como la inflación calculada a partir del deflactor del PIB, obtenida a partir de la base de datos del Banco Mundial.
- Education: Variable que mide el nivel de educación, definida como los años de escolaridad promedio del país, obtenido a partir de la base de datos del Banco Mundial.
- Health: Variable que mide el estado del sistema de salud, definida como la esperanza de vida al nacer, obtenida a partir de la base de datos del Banco Mundial.
- Open_grade: Variable que mide el nivel de apertura comercial, definida como la suma de las exportaciones e importaciones de bienes y servicios, medidas como proporción del Producto Interno Bruto, obtenida a partir de la base de datos del Banco Mundial.

Análisis de países, variables y estadística descriptiva

Antes de confeccionar un modelo de panel de datos, es necesario analizar a los países que la conforman, las variables recopiladas y también la estadística descriptiva que mostraría el panel de datos.

Previo a comenzar con el análisis a nivel de variables, es necesario comprender ciertos aspectos de la base de datos. Está compuesta por 37 países, que pertenecen a 4 continentes: América, Asia, Europa y Oceanía. A continuación, la **Tabla n°5** presenta los valores promedio de cada continente a lo largo del periodo que contempla el panel, es decir, desde el 2004 hasta 2021.

Continente	inequality	innovation	economy	unemployment	inflation	education	health	open_grade
América	0,648	127,789	19578,592	0,080	0,076	9,936	76,982	0,491
Asia	0,551	1365,609	27768,317	0,063	0,034	11,090	80,382	0,584
Europa	0,448	154,449	40878,623	0,079	0,024	12,135	79,353	1,133
Oceanía	0,466	205,309	44582,403	0,051	0,027	12,698	81,570	0,489

Tabla n°5: Valores promedio de cada continente, para cada variable.

A partir de la **Tabla n°5**, se puede observar que América, que es el país más desigual, a su vez es el más débil en apartados estructurales (último lugar en variables education, y health por amplio margen) y en apartados económicos (variable economy e inflation). Esto concuerda con lo abordado en la sección del marco teórico sobre los efectos de la desigualdad. Otra cosa por destacar es que Asia, siendo el país más innovador por una gran diferencia, es el segundo país con peor distribución de ingresos, sugiriendo que un nivel muy alto de innovación puede beneficiar a sectores más acomodados económicamente, ya sea por costos de inversión o capital humano.

Se realizó un análisis temporal para las variables Inequality e Innovation, para verificar su comportamiento y tendencia, para cada una de ellas se calcularon valores promedio para cada uno de los continentes y años, obteniéndose los **Gráficos n°2 y n°3**.

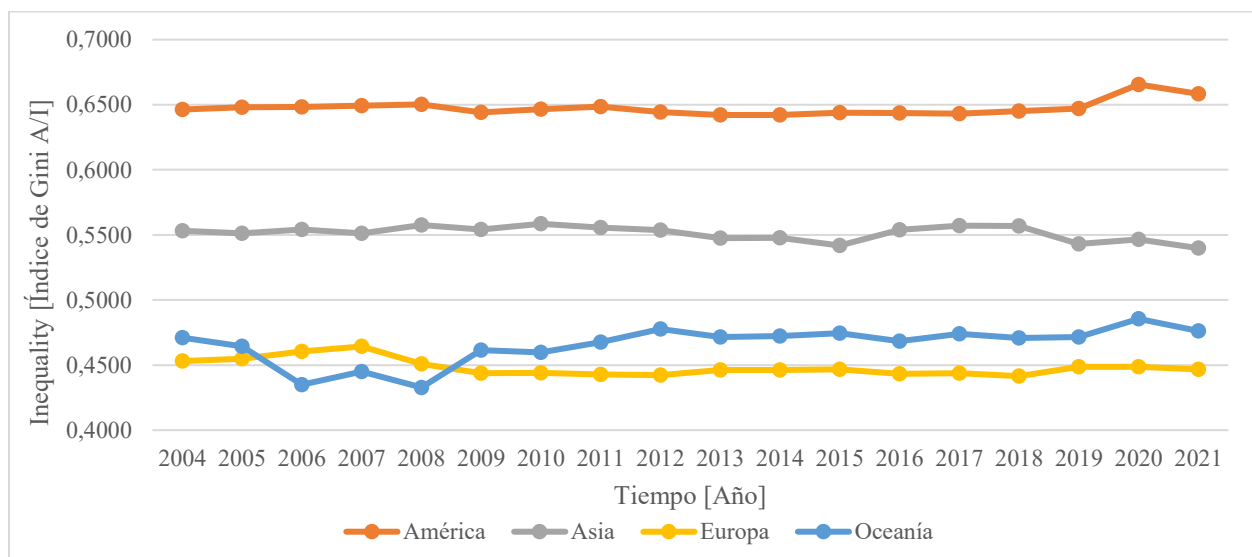


Gráfico n°2: Gráfico de tendencia temporal para la variable Inequality.

Observando el gráfico anterior, para el continente América, el punto más alto corresponde al año 2020 con un valor de 0,666 en el índice de Gini, el punto más bajo corresponde al año 2013, con un valor de 0,642, en términos de variación porcentual, el mayor cambio fue entre el año 2019 y 2020, con un aumento del 2,9% del indicador. En Asia, el punto más alto corresponde al año 2010, con un 0,559 en el valor del indicador, el punto más bajo corresponde al año 2021, con un valor de 0,540 en el índice de Gini, en términos de variación porcentual, el mayor cambio sucedió entre los años 2018 y 2019, con un aumento del 2,4% en el indicador. Para Europa, el pick en la variable fue en el año 2007, con un valor de 0,464 en el indicador, el punto más bajo fue de 0,442 en el año 2018, en términos de variación porcentual, el mayor cambio fue en los años 2007-2008 con un descenso del 2,9% en el valor del indicador. Finalmente, para el caso de Oceanía, el punto más alto fue en el año 2020, con un valor de 0,486 en el indicador, el punto más bajo fue de 0,433 en el nivel de desigualdad en el año 2008, en términos de variación porcentual, el mayor cambio sucedió en los años 2008-2009, con un aumento del 6,6% en el valor del indicador. En cuanto a comportamiento temporal, para América, Asia y Europa no se observa una tendencia clara.

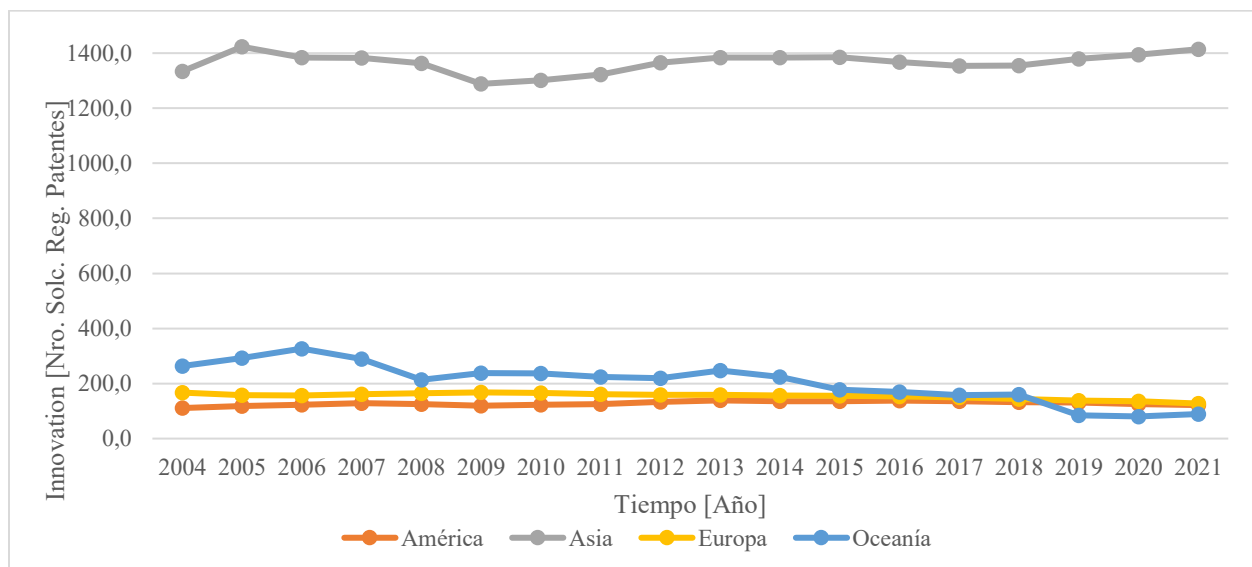


Gráfico n°3: Gráfico de tendencia temporal para la variable Innovation.

Para el caso de la innovación, se construyó el **Gráfico n°3**, que a partir de él, se puede observar que, para el caso de América, el punto más alto de innovación fue durante el año 2013, con 139 solicitudes de patentes aproximadamente, el punto más bajo corresponde al año 2004, con un valor de 111 solicitudes aproximadamente, en cuanto a variación porcentual, el mayor cambio fue durante los años 2004-2005, con un aumento del 6,3% en el indicador. Para el caso de Asia, se aprecia que es el líder indiscutible en esta variable, el punto más alto corresponde al año 2005, con 1423 solicitudes de registro aproximadamente, el punto más bajo corresponde al año 2009, con un valor de 1288 solicitudes, en términos de variación porcentual, el mayor cambio también fue desde el año 2004 al 2005, con un aumento del 6,7% en el indicador. En cuanto a Europa, el punto más alto corresponde al año 2009, con 168 solicitudes aproximadamente, el punto más bajo corresponde a 2021, con un valor de 127 solicitudes de registro, en términos de variación porcentual, el mayor cambio ocurre en los años 2020-2021, con un descenso de 6,4% en el nivel de innovación del continente. Por último, para Oceanía, el nivel más alto de innovación fue en el año 2006, con 327 solicitudes de registro aproximadamente, el punto más bajo corresponde a 2020, con 81 solicitudes aproximadamente, en términos de variación porcentual, el mayor cambio se observa en los años 2018-2019, con un descenso del nivel innovativo de un 47,2%. En cuanto a comportamiento temporal, se puede observar que desde el año 2009 se aprecia una tendencia al alza en el nivel de innovación en Asia, para el caso de América y Europa, no se aprecia una tendencia clara, para el caso de Oceanía, en el **Gráfico n°4**, a continuación, se puede observar de mejor manera el comportamiento.

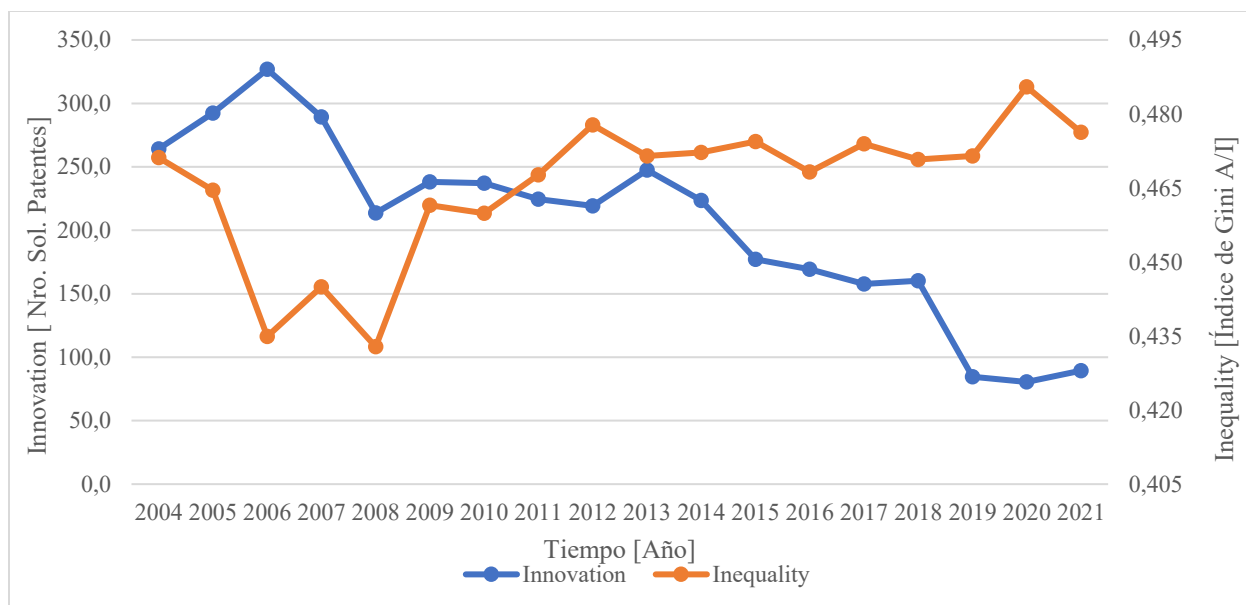


Gráfico n°4: Comparación tendencia Innovation – Inequality para Oceanía.

Como se puede observar, Oceanía muestra una tendencia a la baja desde aproximadamente el año 2006, caso contrario para el nivel de desigualdad, que muestra tendencia al alza desde el mismo año, sugiriendo una posible relación inversamente proporcional entre ambas variables.

Profundizando aún más en las variables de interés (Innovation e Inequality), el país con mayor nivel de desigualdad es Chile, con un valor promedio de 0,730 en el índice de Gini, mientras que el país más innovador corresponde a Corea del Sur, con 2961,152 solicitudes de registro de patentes por millón de habitantes promedio. En la sección de Anexos, se encuentran las **Tablas n°5 y n°6**, que muestran el detalle de cada país, el continente del que forma parte, si pertenece (o no) a la OCDE y los valores promedio (del periodo que comprende el panel) para cada una de las variables.

Finalmente, para el análisis de la estadística descriptiva, se revisarán los indicadores correspondientes a la media, mediana, valor máximo, valor mínimo, desviación estándar, asimetría y curtosis, que están disponibles a continuación.

Variable	Obs.	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Est.	Asimetría	Curtosis
Inequality	666	0,5034	0,4756	0,3335	0,7563	0,0990	1,0382	3,1317
Innovation	666	282,3702	104,5552	1,5871	3593,3730	591,2413	3,7426	16,7091
Economy	666	35056,0800	32157,52	2811,4590	133711,8000	2419,5700	1,1141	4,4368
Unemployment	666	0,0760	0,0693	0,0202	0,2769	0,0398	1,8099	7,6670
Inflation	666	0,0362	0,0225	-0,0965	0,5384	0,0556	4,6038	32,2335
Education	666	11,5773	12,2677	5,8579	14,2559	1,9106	-1,0876	3,2150
Health	666	79,0715	80,0451	70,1330	84,5600	3,1918	-0,6488	2,4060
Open_grade	666	0,8998	0,7465	0,2211	3,9314	0,5606	2,2177	10,2949

Tabla n°7: Indicadores estadística descriptiva del panel de datos.

En cuanto a la variable Inequality, que representa la desigualdad medida a través del índice de Gini, en cuanto a la media, se puede concluir que existe una desigualdad moderada en la muestra, los valores mínimo y máximo muestran un rango amplio, por lo que se puede concluir que la desigualdad varía bastante entre países y años.

Para la variable Innovation, que mide el nivel de innovación del país, a través del número de solicitudes de patentes por cada millón de habitantes, muestra una fuerte asimetría, esto respaldado por el valor de ese indicador y también la amplia diferencia entre la media y la mediana, indicando que existen pocos países con un alto nivel de innovación, la desviación estándar indica una alta dispersión y la curtosis indica la presencia de muchos valores extremos. Estos resultados indican que es conveniente realizar una transformación logarítmica a la variable.

Para la variable Economy, que muestra el nivel de desarrollo económico del país, medido a partir del Producto Interno Bruto per cápita en dólares, similar al caso anterior, existe evidencia de una alta dispersión (desviación estándar), una amplia brecha entre los países (valores mínimo y máximo) y una distribución leptocúrtica (curtosis mayor a 3), también es conveniente la transformación logarítmica.

Para la variable Unemployment, medida por la tasa de desempleo del país, muestra poca dispersión y variabilidad, pero si una asimetría positiva considerable y una distribución leptocúrtica, por lo que también es conveniente usar la transformación logarítmica.

Para la variable Inflation, medida a través de la inflación calculada a partir del deflactor del PIB, también existe el problema de la fuerte asimetría (países con inflaciones muy altas, como Argentina) y una distribución extremadamente leptocúrtica (curtosis igual a 32,2335), pero como lo muestra el valor mínimo obtenido, existen países con inflación negativa (deflación) haciendo imposible la transformación logarítmica en la sección transversal completa.

Para la variable Education, que indica el nivel de educación del país, medida a partir de los años de escolaridad promedio, la media muestra que existe una educación media – alta en años promedio, una leve inclinación hacia países con más educación (asimetría menor a 0) y una curtosis que muestra una distribución cercana a la normal (curtosis similar a 3).

Para la variable Health, que indica el desarrollo en temas de salud del país, medido a partir de la esperanza de vida al nacer, es un caso similar al anterior, muestra una dispersión razonable, una curtosis cercana a 3 y una asimetría menor a 0.

La variable Open_grade mide el nivel de apertura comercial del país, su media alta muestra que en general, son países abiertos al comercio, tiene una dispersión considerable y una curtosis que demuestra una distribución leptocúrtica.

A partir del análisis anterior, se hicieron las transformaciones logarítmicas correspondientes, obteniendo estos nuevos resultados.

Variable	Obs.	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Est.	Asimetría	Curtosis
Inequality	666	0,5034	0,4756	0,3335	0,7563	0,0990	1,0382	3,1317
Ln_Innovation	666	4,5514	4,6497	0,4619	8,1868	1,4872	-0,07736	3,2994
Ln_Economy	666	10,2027	10,3784	7,9415	11,8034	0,7687	-0,3534	2,3043
Ln_Unemployment	666	-2,6918	-2,6700	-3,9046	-1,2842	0,4698	0,2411	2,9419
Inflation	666	0,0362	0,0225	-0,0965	0,5384	0,0556	4,6038	32,2335
Education	666	11,5773	12,2677	5,8579	14,2559	1,9106	-1,0876	3,2150
Health	666	79,0715	80,0451	70,1330	84,5600	3,1918	-0,6488	2,4060
Open_grade	666	0,8998	0,7465	0,2211	3,9314	0,5606	2,2177	10,2949

Tabla n°8: Estadística descriptiva con transformaciones logarítmicas.

A partir de estos resultados es notoria la diferencia en las tres variables transformadas (Innovation, Economy y Unemployment), donde es notable el cambio en la curtosis, acercándola a un valor correspondiente a una distribución normal y disminuyendo la dispersión (desviación estándar).

Metodología

Para determinar el rol que tiene la innovación en la desigualdad, se creó una base de datos con estructura de panel, considerando un periodo de 18 años (2004 - 2021) y las variables descritas en la sección anterior, en cuanto a los países, en un inicio se consideraba utilizar a todos los miembros de la OCDE sumando también a Argentina y Brasil, dando un total de 40 países.

La selección del periodo a estudiar fue bajo el criterio de disponibilidad de datos, debido a que a partir del 2004 la mayoría de los países contaban con una data estable, a excepción de Eslovenia, Irlanda e Italia que presentaban menos del 50% de la información requerida en la principal variable de estudio, por lo que fueron descartados del panel.

En cuanto al tratamiento de datos, se imputó el valor correspondiente a los años de escolaridad promedio (variable Education) de Austria para el año 2004, para esto, se interpoló utilizando las observaciones de los años adyacentes (2003 y 2005), también, por sus resultados de curtosis, se realizaron las transformaciones logarítmicas a las variables Innovation, Economy y Unemployment.

Finalmente, se cuenta con un panel de datos completamente balanceado, que considera 37 países y un periodo de 18 años, específicamente desde el año 2004 hasta 2021.

Descripción del Modelo

El objetivo es determinar el impacto que tiene el nivel de innovación de un país en la desigualdad económica del mismo, siguiendo esa directriz, se tienen 2 categorías de variables, la variable dependiente y las variables independientes, que, a su vez, se separan en la variable explicativa y las variables de control.

La variable dependiente del modelo corresponde a Inequality, medida por el índice de Gini antes de impuestos, con el objetivo de reflejar la desigualdad de ingreso sin considerar efectos redistributivos por parte del estado, se busca determinar si las variables dependientes afectan positiva o negativamente a la desigualdad económica.

La variable explicativa corresponde a Innovation, medida por el número de solicitudes de registro de patentes por millón de habitantes, tiene como objetivo reflejar la producción innovadora del país, sobre todo los resultados tecnológicos. La relación entre innovación y desigualdad presenta cierta ambigüedad, por un lado, la innovación y el emprendimiento puede disminuir la desigualdad económica y la pobreza, al facilitar la creación de nuevos negocios y empleos, sobre todo en zonas de escasos recursos (Si et al., 2019), por otro lado, puede aumentar la concentración de ingresos, al beneficiar a sectores específicos y favorecer la obsolescencia de empleos (Acemoglu y Restrepo, Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets, 2020).

El grupo de variables de control corresponden a factores económicos y estructurales de cada país que son determinantes en la desigualdad económica, su inclusión cumple el objetivo de disminuir el sesgo por omisión que podría afectar al modelo.

Ya considerando las variables, es necesario detallar la estructura del modelo.

$$\begin{aligned}
 Ineq_{i,t} = & \beta_0 + \alpha_t + \beta_1 \ln Innov_{i,t-1} + \beta_2 \ln Innov_{i,t-1}^2 \\
 & + \beta_3 \ln Econ_{i,t} + \beta_4 \ln Unemp_{i,t} + \beta_5 Infl_{i,t} + \beta_6 Educ_{i,t} + \beta_7 Health_{i,t} \\
 & + \beta_8 Open_gr_{i,t} + \mu_{i,t}
 \end{aligned}$$

Donde:

- $Ineq_{i,t}$: Variable Inequality para el país i en el año t .

- α_t : Efectos fijos temporales para el año t .
- $\ln Innov_{i,t-1}$: Variable Innovation para el país i en el año $t - 1$.
- $\ln Innov_{i,t-1}^2$: Término cuadrático para Innovation del país i en el año $t - 1$.
- $\ln Econ_{i,t}$: Variable Economy para el país i en el año t .
- $\ln Unemp_{i,t}$: Variable Unemployment para el país i en el año t .
- $Infl_{i,t}$: Variable Inflation para el país i en el año t .
- $Educ_{i,t}$: Variable Education para el país i en el año t .
- $Health_{i,t}$: Variable Health para el país i en el año t .
- $Open_gr_{i,t}$: Variable Open_grade para el país i en el año t .
- $\mu_{i,t}$: Término de error indetectable para el país i en el año t .

El modelo se basó principalmente en el propuesto por Risso y Sánchez (2018), donde se establece la presencia de un término cuadrático para la variable de innovación (en ese caso, medida por el gasto gubernamental en Investigación y Desarrollo, I+D). Se decidió usar el rezago de una unidad temporal en la variable explicativa de innovación, esto tomando como referencia a Aghion et al. (2019), donde se utilizan rezagos para su estimación.

Análisis Previo

Antes de la estimación, los datos fueron sometidos a un análisis previo, esto con el fin de seleccionar el método de regresión óptimo para el tipo de datos presentes en el panel y evitar posibles problemas que pueden presentar los modelos de regresión, como es el caso de relaciones espurias, no eficiencia de los coeficientes estimados, sesgos, entre otros.

No estacionariedad de las variables

Muchas variables macroeconómicas (como el PIB, tasa de desempleo, inflación, etc.) tienden a presentar tendencias no estacionarias. Una serie no estacionaria presenta media, varianza y/o covarianzas no constantes en el tiempo, lo que podría llevar a regresiones espurias si se utilizan sin el tratamiento adecuado. Los modelos que no utilizan variables estacionarias pueden estimar coeficientes estadísticamente significativos, pero estos serían solo por efecto de la tendencia común y no por una verdadera relación causal.

Para comprobar la estacionariedad de una variable (o no), es necesario determinar las propiedades de integración de la serie de datos, es decir, verificar la existencia de raíz unitaria. Para esto, existen las pruebas estadísticas de raíz unitaria, a continuación, se detallan los 2 test aplicados a las series de datos, el Test IPS y el Test Hadri.

En caso de que la sección no sea estacionaria, se debe verificar su orden de integración. Para esto, se debe transformar la variable a su primera diferencia y repetir el/los test de raíz unitaria, si su comportamiento se vuelve estacionario, se establece que la sección es integrada de primer orden, si no lo es, se transforma la sección a su segunda diferencia y se repiten las pruebas, si no se detecta raíz unitaria, la variable es integrada de segundo orden. Este tratamiento se puede continuar hasta llegar a una variable de orden k , si se llega a utilizar su k -ésima diferencia.

A continuación, se detallan las dos pruebas estadísticas mencionadas anteriormente, el Test IPS y el Test Hadri.

Test IPS. Im, Pesaran y Shin (2003) proponen un test para verificar la existencia de raíz unitaria en paneles de datos, utilizando toda la información disponible, es decir, tanto de corte transversal como temporal.

Esta prueba estadística plantea una regresión ADF (regresión Augmented Dickey-Fuller, prueba estadística para determinar si una serie temporal posee raíz unitaria), para cada una de las secciones transversales del panel.

$$H_0: \rho_i = 0; \forall i$$

La hipótesis nula del test establece que todos los individuos de la muestra poseen raíz unitaria, en cambio, la hipótesis alternativa señala que al menos uno de estos integrantes no posee raíz unitaria.

$$H_1 = \begin{cases} \rho_i = 0; \forall i = 1, 2, \dots, N_1 \\ \rho_i < 0; \forall i = N_1 + 1, \dots, N \end{cases}$$

Para las diferentes regresiones, se comprueba la significancia del estadístico t, en caso de serlo, se rechaza la hipótesis nula, comprobándose que existen individuos que no poseen raíz unitaria. En caso de que el estadístico t no sea significativo, no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula, verificando que todos los individuos cuentan con raíz unitaria.

Test Hadri. Hadri (2000), al igual que Im, Pesaran y Shin, propone un test para verificar la existencia de raíz unitaria en paneles de datos, utilizando toda la información disponible.

Pero a diferencia de ellos, la hipótesis nula de este test establece que todas las series transversales siguen un comportamiento estacionario, esto se realiza a partir de los residuales de regresiones por Mínimos Cuadrados Ordinarios realizadas de forma individual.

$$H_0: \alpha < 0$$

La hipótesis alternativa establece que al menos una serie del panel no es estacionaria, es decir, que posee raíz unitaria.

$$H_1: \alpha = 0$$

También se comprueba la significancia del estadístico t, de ser significativo, se rechaza la hipótesis nula, comprobándose que existe al menos una serie que posea raíz unitaria, en caso de no ser significativo, se determina que todas las series poseen un comportamiento estacionario.

A continuación, en la **Tabla n°9**, se presentan los resultados de ambas pruebas estadísticas (IPS y Hadri) para todas las variables del modelo.

Variable	Test IPS		Test Hadri	
	Estadístico	Probabilidad	Estadístico	Probabilidad
Inequality	-2,4961***	0,0063	23,3861***	0,0000
Ln_Innovation	0,1962	0,5778	41,4681***	0,0000
Ln_Economy	-4,6822***	0,0000	36,4306***	0,0000
Ln_Unemployment	-0,2228	0,4118	27,6062***	0,0000
Inflation	-6,1661***	0,0000	28,0376***	0,0000
Education	0,3623	0,6415	56,1805***	0,0000
Health	-1,1372	0,1277	50,4213***	0,0000
Open_grade	-2,2234**	0,0131	42,0978***	0,0000

Tabla n°9: Resultados de Pruebas de raíz unitaria., los niveles de significancia de 1%, 5% y

10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.

Para el test IPS, la hipótesis nula establece que todos los individuos de la serie poseen raíz unitaria, en cambio, la hipótesis alternativa propone que existen algunos individuos que no cuentan con este problema, recordando esto, y en base a los resultados obtenidos, se puede determinar que:

- Para las variables Inequality, Ln_Economy e Inflation se rechaza la hipótesis nula con una significancia estadística de 1%, por lo que se asume la hipótesis alternativa, existiendo individuos que no poseen raíz unitaria en la serie.
- Para la variable Open_grade, se rechaza la hipótesis nula con un 5% de significancia, por lo que algunos individuos de esta serie no cuentan con raíz unitaria.

- Para las variables Ln_Innovation, Ln_Unemployment, Education y Health, no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo que se determina que estas secciones poseen raíz unitaria.

Para el test Hadri, la hipótesis nula establece que todos los individuos de la sección son estacionarios, es decir, no poseen raíz unitaria, en cambio, la hipótesis alternativa propone que existen algunos individuos que poseen raíz unitaria. Al observar los resultados de la Tabla n, se determina que:

- Para todas las variables del modelo (es decir, Inequality, Ln_Innovation, Ln_Economy, Ln_Unemployment, Inflation, Education, Health y Open_grade) existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo que se asume la hipótesis alternativa, determinando que existen individuos en cada una de las series que poseen raíz unitaria.

Con los resultados anteriores, se determina que las variables no presentan un comportamiento estacionario, por lo que es necesario evaluar las variables con su primera diferenciación. En la **Tabla n°6** (a continuación) se aprecian los resultados obtenidos para los Test IPS y Hadri para su primera diferenciación.

Primera Diferenciación				
Variable	Test IPS		Test Hadri	
	Estadístico	Probabilidad	Estadístico	Probabilidad
Inequality	-11,9246***	0,0000	-2,1647	0,9848
Ln_Innovation	-11,9838***	0,0000	-1,2689	0,8978
Ln_Economy	-10,0029***	0,0000	3,1761***	0,0007
Ln_Unemployment	-8,3463***	0,0000	-0,1223	0,5487
Inflation	-13,035***	0,0000	-2,8865	0,9981
Education	-8,9739***	0,0000	4,1749***	0,0000
Health	-8,5553***	0,0000	7,7864***	0,0000
Open_grade	-12,0016***	0,0000	-2,6258	0,9957

Tabla n°10: Resultados de Pruebas de raíz unitaria para las variables en su primera

diferenciación., los niveles de significancia de 1%, 5% y 10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.

Para el test IPS, se puede determinar que, para todas las variables del modelo, es decir, Inequality, Ln_Innovation, Ln_Economy, Ln_Unemployment, Inflation, Education, Health y Open_grade, se rechaza la hipótesis nula, por lo que se determina que existen algunos individuos en las series que tienen un comportamiento estacionario en el tiempo.

Para el test Hadri, se puede determinar que:

- Para las variables Inequality, Ln_Innovation, Ln_Unemployment, Inflation y Open_grade, no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula, por lo que se determina que todos los individuos de la serie presentan un carácter estacionario.
- Para las variables Ln_Economy, Education y Health, se rechaza la hipótesis nula, por lo que se determina que no poseen carácter estacionario.

Con todos los resultados anteriores, se determina que no existe estacionariedad para ninguna de las series analizadas, esto demostrado por los test IPS y Hadri realizados sobre las variables sin diferenciar. Con lo anterior, es posible concluir que las variables utilizadas son del

tipo integradas, debido a que, al analizarlas en su primera diferencia, en su mayoría adquieren un carácter estacionario.

En conclusión, se determina que puede existir cointegración en el panel compuesto por las variables estudiadas, por lo que se procederá a realizar la prueba estadística de cointegración.

No existencia de Cointegración

En caso de que las variables no sean estacionarias en su forma sin diferenciar, puede que exista una combinación lineal entre ellas que sí es estacionaria, si esto sucede, se establece que las variables están cointegradas, es decir, mantienen una relación de equilibrio en el largo plazo a pesar de sus tendencias individuales (Engle y Granger, 1987).

En el contexto de la investigación, es importante verificar la cointegración de las variables, ya que se busca determinar la relación que existe entre la innovación y la desigualdad a lo largo del tiempo. Si las variables no son cointegradas, se debería utilizar un modelo con las variables diferenciadas (dependiendo del orden de integración), aspecto que puede omitir relaciones importantes, llegando incluso a la invalidación del modelo.

Para comprobar la cointegración del panel existen, diferentes pruebas estadísticas, como es el caso del test de Kao.

Test Kao. Kao (1999), basándose en el test de cointegración de propuesto por Engel y Granger (1987) para secciones transversales individuales, evalúa la existencia de una relación de equilibrio a largo plazo entre variables no estacionarias en un panel de datos, esto lo realiza comprobando la estacionariedad de los residuos del modelo.

La hipótesis nula establece que no existe cointegración entre las variables, es decir, los residuos del modelo no son estacionarios, en cambio, la hipótesis alternativa propone que sí existe esta cointegración entre las variables.

El test entrega diferentes estadísticos, para los cuales hay que ver el nivel de significancia, si resultan ser significativas, se rechaza la hipótesis nula, comprobándose la existencia de cointegración en el panel, si no son significativos, no existe cointegración.

A continuación, en la **Tabla n°11**, se presentan los resultados estadísticos del Test de Kao para las variables del modelo.

Test de Kao		
Estadístico	Valor	Probabilidad
Modified Dickey-Fuller t	-5,2436***	0,0000
Dickey-Fuller t	-4,5565***	0,0000
Augmented Dickey-Fuller t	-2,2505**	0,0122
Unadjusted modified Dickey-Fuller t	-7,1612***	0,0000
Unadjusted Dickey-Fuller t	-5,2904***	0,0000

Tabla n°11: Resultados test de Cointegración de Kao, los niveles de significancia de 1%, 5% y

10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.

Como se observa en la tabla anterior, todos los estadísticos resultaron estadísticamente significativos, 4 con un 99% de confianza y el faltante con un 95%. Con esto, se confirma la relación estable a largo plazo dentro del panel, al rechazarse la hipótesis nula de no cointegración.

Este resultado tiene implicancias importantes a nivel metodológico, al detectar cointegración en los datos del panel, se establece que las variables incluidas en el modelo están vinculadas en el largo plazo, y cualquier perturbación tenderá a corregirse con el tiempo, permitiendo que, a pesar de ser integrados de primer orden, no sea necesario utilizar sus primeras diferencias al momento de realizar la estimación.

Luego de comprobada la cointegración del panel, es necesario verificar el cumplimiento de las condiciones que tiene una estimación de un panel de datos para ser considerado válido, como la no existencia de multicolinealidad, heterocedasticidad, dependencia transversal y autocorrelación serial.

Multicolinealidad

La multicolinealidad consiste en la presencia de una alta correlación entre dos o más variables de un modelo, ya sea uno de regresión lineal o un panel de datos. En el contexto de la investigación, puede existir presencia de multicolinealidad, ya que pueden existir factores que estén ligados a otros, por ejemplo, en un país con poco grado de apertura comercial puede que los niveles de innovación sean más bajos, debido al poco incentivo respecto a la capacidad de exportar.

Cuando existe un nivel de multicolinealidad severa el modelo puede sufrir dificultades en el cálculo de los coeficientes a estimar, ya que una alta correlación entre variables aumentaría el valor de las varianzas de los estimadores.

Factor de Inflación de Varianza (VIF). Para evaluar la presencia de multicolinealidad entre las variables se utilizará el Factor de Inflación de Varianza (VIF), que cuantifica cuánto aumenta la varianza del estimador de un coeficiente debido a la colinealidad con las demás variables.

Un VIF con un valor entre 5 y 10 corresponde a una “multicolinealidad moderada”, si es superior a 10 es considerada “multicolinealidad severa” (Gujarati y Porter, 2009), las acciones correctivas dependen de cada caso, que pueden ser transformaciones de la misma variable (por ejemplo, a logaritmo natural) o la eliminación del modelo.

Para determinar la existencia de multicolinealidad en el modelo, se calculó el Factor de Inflación de Varianza (VIF) para cada una de las variables independientes del modelo. Los resultados disponibles en la **Tabla n°12**, mostrada a continuación.

Factor de Inflación de Varianza (VIF)	
Variable	Valor
Ln_Innovation	2,69
Ln_Economy	5,37
Ln_Unemployment	1,48
Inflation	1,31
Education	2,39
Health	3,55
Open_grade	1,45

Tabla n°12: Resultados del Factor de Inflación de Varianza para las variables independientes.

A partir de la tabla anterior, se puede observar que solo la variable Economy (en su versión de logaritmo natural) presenta una multicolinealidad moderada, ya que su VIF es superior a 5. En cuanto a las demás, se observa multicolinealidad baja, por lo que no se tomarán medidas correctivas previas a la estimación.

Heterocedasticidad

La heterocedasticidad implica que la varianza de los residuos del modelo no es constante entre las unidades del panel. En el contexto de la investigación, es normal suponer que algunos países presenten comportamientos diferentes en cuanto a indicadores sociales, ya que varían en factores estructurales como la apertura comercial, estabilidad política o el nivel de desarrollo.

Cuando existe heterocedasticidad y no se corrige, los coeficientes estimados se vuelven poco eficientes, esto implica: errores estándar mal calculados y consecuencias sobre la significancia estadística de los resultados, provocando la posible aceptación de relaciones inexistentes y/o el descarte de relaciones reales.

Una estrategia complementaria para abordar la presencia de heterocedasticidad de la estimación con errores estándar robustos. Esta técnica consiste en utilizar la fórmula de cálculo de varianza de los coeficientes propuesta por White (1980) ajustando los errores estándar sin modificar los errores. En el caso de paneles de datos, las unidades (en este caso países) se deben agrupar en diferentes clústeres, donde se asume presencia de heterocedasticidad (y autocorrelación) dentro de él, pero entre diferentes grupos, se asume independencia.

Para verificar la existencia de heterocedasticidad, existen diferentes pruebas, como es el caso del Test de Wald adaptado para paneles de datos, detallado a continuación.

Test de Wald. Propuesto por Wald (1943), es utilizado para evaluar la existencia de heterocedasticidad en el modelo, es decir, que la varianza de los errores de este no es constante, violando uno de los supuestos fundamentales de los modelos de regresión lineal.

A pesar de que este test no fue diseñado específicamente para ser aplicado sobre un panel de datos, su estadístico puede adaptarse para verificar heterocedasticidad entre individuos de un panel (Baltagli, 2005).

La hipótesis nula de esta prueba establece que la varianza de los errores en todas las unidades del modelo es constante, es decir, existe homocedasticidad. En cambio, la hipótesis alternativa propone lo contrario, la varianza de los errores es diferente entre las unidades del modelo, es decir, heterocedasticidad.

Se analiza la significancia del estadístico de Wald obtenido, si es significativo, se rechaza la hipótesis nula y se comprueba la presencia de heterocedasticidad.

A continuación, en la **Tabla n°13**, se presentan el resultado del Test de Wald para el modelo.

Test de Wald	
Chi2	Probabilidad
3859,65***	0,0000

Tabla n°13: Resultados del Test de Heterocedasticidad de Wald, los niveles de significancia de 1%, 5% y 10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.

La **Tabla n°13** muestra que el estadístico χ^2 es estadísticamente significativo, por lo que existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula del test, demostrando que existe heterocedasticidad en los residuos del modelo. Considerando este resultado, se considera utilizar el método de estimación de Panel con Corrección de Errores Estándar (PCSE).

Dependencia Transversal

En datos de panel que incluyen países, es frecuente que las unidades estén interrelacionadas entre sí, ya sea a través de conexiones económicas, financieras, tecnológicas, entre otras. Esto significa que cualquier evento que afecta a un país en específico, por ejemplo, la crisis económica Subprime que azotó a Estados Unidos en el año 2008, puede tener efectos inmediatos en otros países en un mismo periodo. Este fenómeno se denomina Dependencia Transversal.

Este problema puede afectar la validez de los coeficientes estimados, ya que viola el supuesto de “Independencia entre unidades” de paneles de datos, provocando resultados engañosos.

Por esto es importante verificar la existencia de dependencia transversal, para esto existen diferentes pruebas estadísticas, como es el caso de Test CD (Cross-Dependence) de Pesaran, detallado a continuación.

Test CD Pesaran. Propuesto científicamente por Pesaran (2015), permite verificar la correlación contemporánea entre unidades de un panel, algo típico en modelos macroeconómicos que incluyan países que interactúan económicamente, comparten mercados, poseen políticas similares, etc. Esto se evalúa a partir de la independencia de los errores de cada individuo perteneciente al panel, en cada unidad de tiempo.

El estadístico CD de Pesaran se obtiene a partir del promedio de las correlaciones de Pearson entre todas las posibles parejas de individuos del panel. La hipótesis nula establece que no existe dependencia transversal, es decir, los errores son independientes entre unidades. En cambio, la hipótesis alternativa establece que sí existe dependencia transversal, es decir, los errores están correlacionados entre las unidades del panel.

Se analiza la significancia del estadístico CD de Pesaran, si es significativo, se rechaza la hipótesis nula, estableciendo que existe dependencia transversal, Si el estadístico no es significativo, no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula, por lo que se confirma que no existe dependencia transversal.

A continuación, en la **Tabla n°14**, se presentan los resultados del test de Pesaran para dependencia transversal, aplicado a todas las variables del modelo.

Pesaran CD Test		
Variable	Estadístico CD	Probabilidad
Inequality	3,472***	0,001
Ln_Innovation	9,627***	0,000
Ln_Innovation_Sq	9,312***	0,000
Ln_Economy	69,379***	0,000
Ln_Unemployment	21,468***	0,000
Inflation	23,175***	0,000
Education	86,556***	0,000
Health	87,2***	0,000
Open_grade	31,232***	0,000

Tabla n°14: Resultados del Test de Pesaran, los niveles de significancia de 1%, 5% y 10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.

De la **Tabla n°14**, se puede determinar que en todas las variables del estudio se observa dependencia transversal, ya que todos los estadísticos resultaron ser estadísticamente significativo con un nivel de 1% de significancia. Esto significa que existe una dependencia entre individuos, algo normal para paneles de datos que involucran países relacionados política y/o económicamente. Estos resultados, al igual que la presencia de heterocedasticidad apoyan la utilización del método de estimación PCSE.

Autocorrelación Serial

La autocorrelación serial hace referencia a la existencia de correlación temporal en los errores de un mismo individuo (en este caso, país). En el contexto de la investigación, es un problema común, ya que la naturaleza de variables relacionadas con la economía (como las variables Economy, Inequality, Unemployment, entre otras) dependen fuertemente de su “historia”, es decir, el valor de una variable en un periodo en específico depende también de su valor en el periodo anterior.

La presencia de autocorrelación serial viola el supuesto de independencia temporal de los errores, afectando la eficiencia de los estimadores, llevando a riesgos como el mal cálculo de errores estándar y poca veracidad en los valores de significancia estadística.

Para la detección de autocorrelación serial existen diferentes pruebas, como es el caso del Test de Wooldridge para paneles de datos, recomendado por su robustez y simplicidad.

Test de Wooldridge. Propuesto por Wooldridge (2010), es una prueba estadística que permite detectar la autocorrelación temporal en modelos de panel de datos, la hipótesis nula

establece que no existe autocorrelación temporal en el panel de datos, y su hipótesis alternativa propone lo contrario, que sí existe autocorrelación temporal en el modelo.

Se analiza el nivel de significancia del estadístico de Wooldridge, si resulta ser significativo, se rechaza la hipótesis nula, comprobando evidencia de autocorrelación serial, si no es significativo, no se rechaza la hipótesis nula, comprobándose que no existe autocorrelación temporal.

A continuación, en la **Tabla n°15**, se observan los resultados del Test de Wooldridge aplicados a las variables del panel.

Test de Wooldridge	
Estadístico	Probabilidad
40,914***	0,0000

Tabla n°15: Resultados Test de Wooldridge, los niveles de significancia de 1%, 5% y 10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.

De la **Tabla n°15**, se puede determinar que se rechaza la hipótesis nula del test, es decir, existe autocorrelación en los errores del panel, los errores del modelo están correlacionados entre períodos dentro de cada país, situación que puede generar estimaciones ineficientes y errores estándar incorrectos. Para corregir esto, al momento de realizar la estimación, se especificó una estructura de autocorrelación de primer orden, permitiendo modelar explícitamente la dependencia temporal de los errores.

Estimación

Luego del diagnóstico previo realizado a los datos, es necesario seleccionar el método de estimación a utilizar, dependiendo de las características de los datos y los resultados obtenidos de

los análisis de raíz unitaria, cointegración, multicolinealidad, heterocedasticidad, dependencia transversal y autocorrelación serial.

Regresión PCSE (Panel Corrected Standard Errors)

El método de errores estándar corregidos para panel o PCSE (por sus siglas en inglés), desarrollado por Beck y Katz (1995), tiene como objetivo mejorar la estimación de modelos de regresión en datos de panel cuando existen problemas como la heterocedasticidad, dependencia transversal y/o autocorrelación serial, este último si es que se especifica el orden de autocorrelación existente.

El método corrige los errores estándar de las estimaciones sin modificar los coeficientes estimados del modelo (a partir de la regresión con efectos fijos), esto permite hacer inferencias estadísticas más robustas y confiables.

El PCSE estima una matriz de varianzas y covarianzas robusta, incorporando las posibles irregularidades del modelo, luego se ajustan los errores estándar de los coeficientes, haciéndolos consistentes y confiables, sin alterar los coeficientes calculados del modelo.

Causalidad

La causalidad en econometría hace referencia a si los cambios en una variable ayudan a predecir los cambios en otra, este concepto es conocido como causalidad en el sentido de Granger. Granger (1969) propuso que una variable X_t “Granger-causea” a Y_t si los valores pasados de X contienen información útil para predecir Y más allá del horizonte temporal que contiene el panel.

Para determinar la existencia de causalidad, se realizará la prueba estadística conocida como Panel Granger non-causality test, propuesto por Dumitrescu y Hurlin (2012), está diseñado para evaluar si una variable X Granger-causea a otra variable Y dentro del conjunto de series de

tiempo que conforman el panel de datos, permitiendo que esta relación causal pueda ser heterogénea entre unidades, es decir, que pueda existir en algunos países solamente.

La hipótesis nula de esta prueba estadística establece que no existe causalidad de Granger desde X hacia Y en ninguna unidad del panel. En cambio, la hipótesis alternativa establece que existe causalidad de Granger en al menos una fracción de las unidades.

Para determinar la dirección de la causalidad de Granger, es necesario realizar este test en ambos sentidos, es decir, verificar si X Granger-cause a Y , y verificar si Y Granger-cause a X , si en ambos test se rechaza la hipótesis nula, se determina que existe una relación causal bidireccional.

Análisis de Resultados

Estimación

Luego de realizado el análisis previo, se tiene el siguiente resumen.

Prueba	Prueba estadística o Medición	Resultado
Estacionariedad	Test IPS y Test Hadri	Integradas de primer orden
Multicolinealidad	VIF	Leve
Cointegración	Test Kao	Existe
Heterocedasticidad	Test Wald para panel de datos	Existe
Dependencia Transveral	Test CD Pesaran	Existe
Autocorrelación Serial	Test Wooldridge	Existe

Tabla n°16: Resumen de resultados de análisis previo.

Al detectarse problemas de heterocedasticidad, dependencia transversal y autocorrelación serial en los datos del panel, el método de regresión PCSE (Panel Corrected Standard Errors) es el más adecuado para realizar la estimación. Esto se debe principalmente a dos cosas, primero, al ser un método de estimación robusta, corrige la heterocedasticidad, dependencia transversal y la autocorrelación serial mediante la corrección de los errores estándar de los coeficientes, esto lo realiza mediante una matriz de varianza-covarianza no esférica, logrando obtener resultados de significancia estadística confiables y sin modificar los coeficientes estimados.

Los resultados de la estimación mediante regresión PCSE están disponibles en la **Tabla n°17**, que detalla los resultados globales del modelo, en la **Tabla n°18**, que detalla los coeficientes estimados correspondientes a la constante (β_0) y los efectos fijos temporales (disponible en Anexo), y en la **Tabla n°19**, que detalla los coeficientes estimados relacionados a las variables.

Regresión PCSE	
Variable Dependiente: Inequality	
Estadísticos Globales	Valor
R ²	0,8567
Wald Chi ²	578,68***
VIF Promedio	4,44

Tabla n°17: Resultados globales del modelo de regresión PCSE, los niveles de significancia de 1%, 5% y 10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.

A partir de los resultados mostrados en la **Tabla n°17**, se puede determinar que las variables independientes del modelo explican un 85,67% la variabilidad en la desigualdad, mostrando una relación estructural sólida entre las variables seleccionadas. El estadístico Wald Chi² obtiene un valor alto y estadísticamente significativo al 1%, validando el modelo en conjunto. Y el VIF promedio del modelo, que es igual a 4,44, indicando una multicolinealidad moderada.

En cuanto a los coeficientes de efectos fijos temporales y el coeficiente constante, disponibles en la **Tabla n°16** en Anexo, se observa que cada uno de ellos posee un nivel de significancia estadística del 1%, validando todo el periodo del panel de datos.

Regresión PCSE			
Variable Dependiente: Inequality			
Variable	Coeficiente	Error Estándar	Valor p
L1.Ln_Innovation	-0,04378***	0,0100494	0,000
L1.Ln_Innovation_sq	0,00370***	0,0010763	0,001
Ln_Economy	-0,02089**	0,0090897	0,022
Ln_Unemployment	-0,00511	0,0087169	0,558
Inflation	0,00134	0,0258759	0,959
Education	-0,01430***	0,0029994	0,000
Health	-0,00347**	0,0017173	0,043
Open_grade	-0,03463***	0,005216	0,000

Tabla n°19: Resultados de la estimación de coeficientes para las variables estudiadas, los niveles de significancia de 1%, 5% y 10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.

Es necesario recalcar que para las variables analizadas en términos de logaritmo natural (en este caso, *Innovation*, *Innovation_sq*, *Economy* y *Unemployment*), los resultados de los coeficientes deben ser vistos como una “elasticidad”, es decir, un aumento del 1% de dicha variable independiente, reflejará una variación porcentual en la variable dependiente.

A partir de la **Tabla n°19**, se puede determinar que la variable *Ln_Innovation*, rezagada en un año, es estadísticamente significativa al 99% de confianza, permitiendo concluir que sí tiene un impacto relevante en la variable dependiente, el valor del coeficiente explica que la variación de un 1% de esta variable se asocia con una disminución de 0,04378 puntos en el índice de Gini. La variable *Ln_Economy* también resulta significativa al 99% de confianza, mostrando que un aumento del 1% en el PIB per capita está relacionado con una reducción de 0,02089 puntos en el nivel de desigualdad. La variable *Education* posee un nivel de significancia de 1%, donde cada año de escolaridad (promedio) adicional está asociado con una disminución de 0,0143 puntos en el índice de Gini. La variable *Health* muestra que la mejora de la esperanza de vida al nacer (en un año), está asociada con una reducción leve, pero estadísticamente significativa, reducción de 0,00347 puntos en el nivel de desigualdad. La variable *Open_grade* muestra que un aumento de una unidad de este indicador está asociado con la disminución de 0,03463 puntos en el índice de Gini. Las variables *Ln_Unemployment* e *Inflation* no presentaron significancia estadística, por lo que no se encontró evidencia suficiente para afirmar que tienen un efecto sobre la desigualdad.

En cuanto a la innovación, al ser ambos coeficientes significativos al 1%, queda demostrado el impacto en la desigualdad. Como se estipuló en el planteamiento del modelo de regresión, la relación entre ambas variables es modelada como una función cuadrática y la combinación de los valores de ambos coeficientes relacionados a esta variable permite concluir

que, si todas las demás variables se mantienen constantes (*seteris paribus*), la función cuadrática adquiere una forma cóncava hacia arriba, similar a una U.

Esta forma de U demuestra que el impacto de la innovación en la desigualdad tiene un efecto dual. Inicialmente, la innovación tiene consecuencias negativas en la variable dependiente, pero superado cierto punto, el sentido se invierte, y las consecuencias de la innovación sobre la desigualdad pasan a ser positivas, aumentando disparidad de la concentración de ingresos.

Este punto de inflexión de la curva cuadrática que modela la relación entre innovación y desigualdad, es posible calcularlo al utilizar la fórmula del vértice de una función cuadrática.

$$x^* = -\frac{\beta_1}{2 * \beta_2}$$

Donde:

- β_1 : *Coeficiente de variable Innovation (en logaritmo natural).*
- β_2 : *Coeficiente de la variable Innovation_{sq} (en logaritmo natural).*

Por lo tanto, si reemplazamos los valores con los mostrados en la tabla n, se obtiene que el punto de inflexión corresponde a 5,916. Al estar las variables en su versión de logaritmo natural, es necesario transformarlas a su versión original, para eso se utiliza la función exponencial, dando como resultado 371,005 patentes por millón de habitantes, por lo que para países con menor cantidad de solicitudes de inscripción de patentes la innovación reduce la desigualdad y para países con mayor número de solicitudes, la innovación comienza a aumentar este indicador social, medido por el índice de Gini.

Esto último conversa con el carácter dual de la relación entre innovación y desigualdad, en etapas iniciales, la innovación tiene un efecto negativo en la desigualdad, creando empleos,

reduciendo el costo de ciertos artículos, etc. Pero en etapas avanzadas, estos beneficios se concentran en sectores económicos más acomodados, aumentando la diferencia con los otros sectores.

Causalidad

Para determinar la dirección de causalidad de Granger entre la variable explicativa de innovación y la variable dependiente correspondiente a la desigualdad, se realizó el test propuesto por Dumitrescu y Hurlin (2012) en ambas direcciones, con el fin de determinar el sentido de la relación causal, o en caso de existir ambas, determinar si es bidireccional.

La primera dirección por verificar corresponde a si el nivel de innovación de un país explica los resultados de la desigualdad de este, para esto, se utilizó un rezago de un año. Los resultados se observan en la tabla a continuación.

Ln_Innovation → Inequality	
Estadístico	Valor
W-bar	3,7748
Z-bar	11,9347***
Z-bar tilde	8,4332***

Tabla n°20: Tabla de resultados primer test de causalidad, los niveles de significancia de 1%, 5% y 10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.

A partir de los resultados, es posible observar que todos los estadísticos son significativos, lo que implica un rechazo de la hipótesis nula, determinando que en al menos una fracción significativa de la muestra la innovación Granger-cause a la desigualdad.

También es necesario verificar la otra dirección, es decir, si la desigualdad es capaz de explicar los resultados de la innovación. A continuación, se observan los resultados de la prueba estadística.

Inequality → Ln_Innovation	
Estadístico	Valor
W-bar	0,8740
Z-bar	-0,5419
Z-bar tilde	-0,9463

Tabla n°21: *Tabla de resultados segundo test de causalidad, los niveles de significancia de 1%, 5% y 10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.*

Como se observa en la tabla anterior, ninguno de los estadísticos calculados es estadísticamente significativo, por lo que no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula, determinando que la desigualdad no es capaz de anticipar los cambios en los niveles de innovación en el marco temporal que contempla el panel de datos.

Limitaciones, Recomendaciones y Conclusiones del Estudio

Limitaciones

A pesar de que este trabajo sea metodológicamente riguroso y respaldado por evidencia empírica, presenta ciertas limitaciones que deben ser reconocidas al momento de interpretar sus resultados. En primer lugar, la utilización del número de solicitudes de registro de patentes por millón de habitantes como proxy del nivel de innovación, si bien es aceptado en la literatura, no refleja todos los tipos de innovación tecnológica, ignorando aquellas que son de carácter informal o no patentable. Mismo caso con el índice de Gini, captura de buena forma la desigualdad de ingreso, pero deja fuera otras dimensiones como la desigualdad de riqueza, acceso a servicios básicos, entre otros.

La segunda limitación está orientada a la disponibilidad y calidad de los datos. A pesar de que el periodo seleccionado (2004-2021) es amplio, no todos los países contaban con la información completa y consistente para cada variable, reduciendo la muestra efectiva. Además, eventos globales como la pandemia del COVID-19, podrían haber alterado temporalmente la dinámica de algunas variables económicas y sociales.

Finalmente, si bien el método de estimación PCSE permitió corregir adecuadamente los problemas de heterocedasticidad, autocorrelación serial y dependencia transversal, este enfoque no contempla las diferencias estructurales entre países, implicando que algunos efectos a largo plazo o interacciones relevantes podrían no haber sido capturados.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones, en primer lugar, se recomienda considerar un periodo más extenso de análisis, permitiendo capturar con mayor precisión tendencias, relaciones y cambios en

las variables a lo largo del tiempo. Esto incluiría analizar y comparar diferentes periodos históricos, ofreciendo diferentes puntos de vista a la relación innovación-desigualdad.

En segundo lugar, se recomienda incorporar indicadores más amplios para medir tanto la innovación como la desigualdad (por ejemplo, el Global Innovation Index y el ratio de Palma), aportando una perspectiva más integral.

Asimismo, se recomienda incorporar países de diferente nivel económico a la muestra, dando la oportunidad de capturar la relación entre ambas variables a nivel más global y también de revisar y analizar como se comporta esta relación en los diferentes niveles de desarrollo económico.

En tercer lugar, sería recomendable incorporar variables institucionales o de políticas públicas al estudio, tales como la calidad del gobierno, cobertura de políticas redistributivas, inversión en educación, entre otras, estas variables podrían ayudar a explicar el por qué la innovación reduce la desigualdad en ciertos contextos, y la aumenta en otros.

Finalmente, sería interesante el comparar diferentes métodos de estimación, como es el caso de modelos dinámicos de panel (por ejemplo, GMM de Arellano-Bond) o incluso, diferentes modelos, que permitan modelar la persistencia temporal de la desigualdad y los efectos rezagados de la innovación.

Conclusiones

Para esta investigación se propuso analizar con profundidad la relación entre el nivel de innovación y la desigualdad económica, utilizando como herramienta principal un modelo econométrico aplicado a un panel de datos conformado por 37 países en el periodo correspondiente entre los años 2004 y 2021. En línea con los objetivos específicos definidos, se construyó una base

de datos consistente a partir de fuentes confiables, se realizó un análisis de datos sólido, observando el comportamiento de las variables de estudio a lo largo del tiempo, revisando los valores de estadística descriptiva, y realizando diversas pruebas estadísticas para validar supuestos fundamentales del modelo, a partir del modelo de regresión PCSE se estimaron los valores y significancia estadística de los coeficientes de las variables, y se determinó la dirección de causalidad entre las variables dependiente (desigualdad) y explicativa (Innovación), todo con el fin de cumplir el objetivo general, comprender en profundidad el vínculo entre innovación y desigualdad económica.

Los resultados obtenidos demuestran que factores estructurales tienen un impacto significativo en la desigualdad económica, variables como el nivel de desarrollo económico, desarrollo de capital humano, salud, entre otros, tienen efectos relevantes en el índice de Gini, confirmando que este indicador social no es un fenómeno determinado únicamente por factores en el corto plazo, sino que responde a condiciones estructurales persistentes en el tiempo, incidiendo directamente en su evolución.

Respecto a la relación entre innovación y desigualdad, los resultados obtenidos muestran con claridad que la interacción entre ambas variables sigue un patrón no lineal, la combinación de los valores de los coeficientes estimados permite concluir que dicho vínculo tiene forma de una función cuadrática cóncava, es decir, similar a una U. Dicho aspecto muestra que, inicialmente, la innovación tiene efectos negativos sobre la desigualdad, actuando como una fuerza redistributiva al reducir el valor del índice de Gini. Este hallazgo sugiere que, en países donde la innovación aún no se ha desarrollado como una dinámica establecida, sus beneficios pueden contribuir a disminuir las brechas económicas, promoviendo industrias emergentes y así, generando nuevas oportunidades laborales. Ten esta etapa, la innovación puede actuar como un mecanismo de

inclusión social, pero si se busca reducir las diferencias estructurales, debe ser acompañado de un plan de fortalecimiento del desarrollo de capital humano.

Sin embargo, esta tendencia redistributiva se revierte si se supera cierto umbral, cuando los niveles de innovación aumentan más allá de cierto punto, específicamente, 370 solicitudes de registro de patentes por millón de habitantes, los efectos sobre la desigualdad pasan a ser positivos. Este cambio de dirección puede explicarse por varios mecanismos, al complejizarse las dinámicas innovadoras, los beneficios de cambios tecnológicos tienden a concentrarse en sectores altamente calificados y económicamente desarrollados. En esta etapa, los retornos de la innovación se vuelven más desiguales, donde capacidades de acceso a educación avanzada, información, redes internacionales o financiamiento, se vuelven determinantes para lograr capturar mayor proporción de las ganancias.

Esta dualidad en la relación demuestra que el impacto redistributivo de la innovación depende fuertemente del contexto donde se desarrolle, variables como las capacidades educativas, desarrollo institucional o incluso, las mismas políticas redistributivas implementadas tienen un rol fundamental.

Y finalmente, los resultados de las pruebas estadísticas sobre la dirección de la causalidad entre ambas variables demostraron que la innovación Granger-cause a la desigualdad, es decir, si se mantienen los contextos geográficos y temporales del estudio, es válido considerar la innovación como una variable con efectos distributivos claros, cuya influencia en la estructura del ingreso permite utilizarla como un predictor de cambios futuros en la desigualdad. Esto implica que, desde un punto de vista de políticas públicas, implementar medidas que fomenten la innovación no solo deben considerar sus efectos económicos y productivos, sino que también

deben considerar las consecuencias redistributivas del proyecto, incluyendo medidas orientadas a anticipar, mitigar o incluso fortalecer aquel impacto.

En conclusión, los hallazgos producto de esta investigación no solo contribuyen al debate académico sobre la relación entre la capacidad innovadora de un país y el nivel de su desigualdad, sino que otorga conclusiones oportunas y útiles para la formulación de políticas públicas en un desarrollo más inclusivo. Comprender que la innovación tiene efectos distributivos contradictorios, dependiendo del contexto donde se produce, permite abordar otros puntos de vistas para poder transformar el potencial de la innovación en un motor real de cohesión social.

Referencias

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). Artificial intelligence, automation, and work. En A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb, *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (págs. 197-236). University of Chicago Press. <https://doi.org/10.3386/w24196>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of political economy*, 128(6), 2188-2244. <https://doi.org/10.1086/705716>
- Aghion, P., Akcigit, U., Bergeaud, A., Blundell, R., & Hemous, D. (2019). Innovation and Top Income Inequality. *Review of Economic Studies*, 86(1), 1–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/restud/rdy027>
- Aiyar, S., & Ebeke, C. (2020). Inequality of Opportunity, Inequality of Income and Economic Growth. *World Development*, 136(105115). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105115>
- Atkinson, A. B., & Bourguignon, F. (2014). *Handbook of income distribution*. Elsevier.
- Baltagli, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data (3rd ed)*. John Wiley & Sons.
- Barro, R. J. (2000). Inequality and Growth in a Panel of Countries. *Journal of Economic Growth*, 5(1), 5–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1009850119329>
- Beck, N., & Katz, J. N. (1995). What To Do (and Not to Do) with Time-Series Cross-Section Data. *American Political Science Review*, 89(3), 634-647. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2082979>
- Campos Vázquez, R. M., & Rodas Milian, J. A. (2019). Desigualdad en el ingreso: posibilidades de acción pública. *Economía UNAM*, 16(46), 251-261. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fe.24488143e.2019.46.450>
- Chancel, L., Piketty, T., Saez, E., & Zucman, G. (2021). *World Inequality Report 2022*. World Inequality Lab.
- Cingano, F. (2014). *Trends in Income Inequality and its Impact on Economic Growth*. OECD Social, Employment and Migration working Papers. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/5jxrxncwvxv6j-en>.
- Cornia, G. A. (2014). *Falling Inequality in Latin America: Policy Changes and Lessons*. Oxford University Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198701804.001.0001>
- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>

- Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.
<https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1913236>
- Granger, C. W. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.
<https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1912791>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics* (Quinta ed.). McGraw-Hill/Irwin.
- Hadri, K. (2000). Testing for stationary in heterogeneous panel data. *The Econometrics Journal*, 3(2), 148-161. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1368-423X.00043>
- Hoffmann, F., Lee, D. S., & Lemieux, T. (2020). Growing Income Inequality in the United States and Other Advanced Economies. *Journal of Economic Perspectives*, 34(4), 52–78.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1257/jep.34.4.52>.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7).
- Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based test for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, 90(1), 1-44. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00023-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00023-2)
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 2-28.
- Lewis, W. A. (1954). Economic development with unlimited supplies of labour. *The Manchester School*, 139-191. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1954.tb00021.x>
- Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A Contribution to The Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407- 437.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1162/003355398555838>
- Milanovic, B. (2016). *Global inequality: A new approach for the age of globalization*. Harvard University Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/j.ctvjghwk4>
- Milanovic, B. (2019). *Capitalism, Alone: The Future of the System That Rules the World*. Harvard University Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/j.ctv25250qr>
- OECD. (2018). *A Broken Social Elevator? How to Promote Social Mobility*. OECD Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/9789264301085-en>.
- OECD. (2021). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2021: Times of Crisis and Opportunity*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/75f79015-en>.
- OECD, & Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*. Paris: OECD Publishing.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>

- Ostry, J. D., Berg, A., & Tsangarides, C. G. (2014). *Redistribution, Inequality and Growth*. IMF Staff Discussion Note. <https://doi.org/https://doi.org/10.5089/9781484352076.006>
- Páez, G. (1 de abril de 2021). *Curva de Kuznets*. Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/curva-de-kuznets.html>
- Pesaran, M. (2015). Testing Weak Cross-Sectional Dependence in Large Panels. *Econometric Reviews*, 34(6-10), 1089-1117. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/07474938.2014.956623>
- Piketty, T. (2014). Capital in the Twenty-First Century: a multidimensional approach to the history of capital and social classes*. *The British Journal of Sociology*, 65(4), 736-747. <https://doi.org/10.1111/1468-4446.12115>
- Risso, W. A., & Sánchez Carrera, E. J. (2018). On the impact of innovation and inequality in economic growth. *Economics of Innovation and New Technology*, 28(1), 64–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10438599.2018.1429534>
- Rommer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1086/261725>
- Schumpeter, J. A. (1976). *Capitalism, Socialism & Democracy*. Taylor & Francis. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9780203202050>
- Si, S., Ahlstrom, D., Wei, J., & Cullen, J. (2019). Business, Entrepreneurship and Innovation Toward Poverty Reduction. *Entrepreneurship & Regional Development*, 32(1-2), 1-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/08985626.2019.1640485>
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Stiglitz, J. E. (2012). *The price of inequality: How today's divided society endangers our future*. WW Norton & Company.
- Verba, M. A. (2022). Growth and innovation in the presence of knowledge and R&D accumulation dynamics. *ECONOMICS OF INNOVATION AND NEW TECHNOLOGY*, 31(6), 485-510. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1828510>
- Wald, A. (1943). Tests of Statistical Hypotheses Concerning Several Parameters When the Number of Observations is Large. *Transactions of the American Mathematical Society*, 54(3), 426-482. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1990256>
- White, H. (1980). A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica*, 48(4), 817-838. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1912934>
- Wooldridge, J. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT press.

Wooldridge, J. M. (2013). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. South-Western Cengage Learning.

Anexos

Anexo A

País	Año	I+D	Sol. Patentes	GI
Brasil	2014	0,0127	22,8989	36,2900
Brasil	2015	0,0137	22,6183	34,9500
Brasil	2016	0,0129	25,1378	33,1900
Brasil	2017	0,0112	26,2823	33,1000
Brasil	2018	0,0117	23,6955	33,4400
Brasil	2019	0,0121	25,8000	33,8200
Brasil	2020	0,0115	24,7659	31,9400
Chile	2014	0,0038	25,5553	40,6400
Chile	2015	0,0038	24,7900	41,2000
Chile	2016	0,0037	21,3450	38,4100
Chile	2017	0,0036	23,1373	38,7000
Chile	2018	0,0037	21,7095	37,7900
Chile	2019	0,0034	23,0048	36,6400
Chile	2020	0,0034	19,2743	33,8600
Corea del Sur	2014	0,0408	885,2980	55,2700
Corea del Sur	2015	0,0398	888,2566	56,2600
Corea del Sur	2016	0,0399	902,5605	57,1500
Corea del Sur	2017	0,0429	891,1820	57,7000
Corea del Sur	2018	0,0452	858,3579	56,6300
Corea del Sur	2019	0,0463	852,8155	56,5500
Corea del Sur	2020	0,0480	802,4778	56,1100
España	2014	0,0124	63,5538	49,2700
España	2015	0,0122	60,2826	49,0700
España	2016	0,0119	59,0661	49,1900
España	2017	0,0121	46,5180	48,8100
España	2018	0,0124	32,5910	48,6800
España	2019	0,0125	27,3279	47,8500
España	2020	0,0141	30,2129	45,6000
Estados Unidos	2014	0,0271	885,2980	60,0900
Estados Unidos	2015	0,0277	888,2566	60,1000
Estados Unidos	2016	0,0284	902,5605	61,4000
Estados Unidos	2017	0,0288	891,1820	61,4000
Estados Unidos	2018	0,0299	858,3579	59,8100
Estados Unidos	2019	0,0315	852,8155	61,7300
Estados Unidos	2020	0,0342	802,4778	60,5600

Tabla n°1: Tabla de datos de las diferentes medidas de innovación.

Anexo B

País	Continente	¿Pertenece a la OCDE?	Inequality	Innovation	Economy
Alemania	Europa	Sí	0,487	573,076	43397,419
Argentina	América	No	0,573	16,538	10191,310
Australia	Oceanía	Sí	0,484	113,783	51921,881
Austria	Europa	Sí	0,443	256,390	47398,179
Bélgica	Europa	Sí	0,439	66,279	44331,837
Brasil	América	No	0,681	23,193	8895,016
Canadá	América	Sí	0,498	134,537	45405,383
Chile	América	Sí	0,730	22,107	12784,134
Colombia	América	Sí	0,700	5,661	5956,861
Corea del sur	Asia	Sí	0,457	2961,152	26339,238
Costa Rica	América	Sí	0,675	3,376	9325,209
Dinamarca	Europa	Sí	0,421	264,087	58176,259
España	Europa	Sí	0,452	59,282	29279,565
Estados Unidos	América	Sí	0,578	808,047	54159,548
Estonia	Europa	Sí	0,509	29,227	18035,826
Finlandia	Europa	Sí	0,429	298,234	47093,446
Francia	Europa	Sí	0,447	227,483	40128,437
Grecia	Europa	Sí	0,471	50,652	22729,727
Hungría	Europa	Sí	0,432	60,798	14044,045
Islandia	Europa	Sí	0,396	145,815	57156,783
Israel	Europa	Sí	0,610	187,135	34512,552
Japón	Asia	Sí	0,541	2257,487	40263,992
Letonia	Europa	Sí	0,485	66,682	14141,950
Lituania	Europa	Sí	0,515	29,514	14724,496
Luxemburgo	Europa	Sí	0,481	162,252	109694,348
México	América	Sí	0,745	8,852	9911,274
Noruega	Europa	Sí	0,405	221,066	83212,818
Nueva Zelandia	Oceanía	Sí	0,447	296,834	37242,924
Países Bajos	Europa	Sí	0,426	135,751	50358,458
Polonia	Europa	Sí	0,484	89,888	12854,003
Portugal	Europa	Sí	0,488	52,226	21787,947
Reino Unido	Europa	Sí	0,483	237,451	43226,044
República Checa	Europa	Sí	0,390	72,234	19847,068
República Eslovaca	Europa	Sí	0,397	36,666	17091,607
Suecia	Europa	Sí	0,405	226,491	53363,778
Suiza	Europa	Sí	0,423	190,790	78134,285
Turquía	Asia	Sí	0,598	56,661	9957,487

Tabla n°3: Primera tabla correspondiente al detalle del panel de datos, muestra los diferentes países, su nivel económico y el valor promedio para las variables *Inequality*, *Innovation* y *Economy*.

Anexo C

País	Año	Palma ratio	Gini A/I
Argentina	2014	4,7276	0,5549
Argentina	2015	4,9213	0,5635
Argentina	2016	5,1141	0,5727
Argentina	2017	4,5708	0,5535
Argentina	2018	4,8404	0,5596
Brasil	2014	8,4827	0,6729
Brasil	2015	9,1033	0,6815
Brasil	2016	10,3077	0,6845
Brasil	2017	10,4135	0,6819
Brasil	2018	10,4478	0,6808
Chile	2014	14,4392	0,7325
Chile	2015	14,2067	0,7311
Chile	2016	13,4690	0,7278
Chile	2017	12,7284	0,7245
Chile	2018	14,3576	0,7210
Estados Unidos	2014	5,5653	0,5841
Estados Unidos	2015	5,5152	0,5831
Estados Unidos	2016	5,6771	0,5851
Estados Unidos	2017	5,4055	0,5805
Estados Unidos	2018	5,5259	0,5836
Japón	2014	3,8453	0,5364
Japón	2015	4,0787	0,5377
Japón	2016	3,8012	0,5369
Japón	2017	4,2406	0,5364
Japón	2018	3,9378	0,5364

Tabla n°5: Tabla de datos correspondiente a los valores del ratio de Palma y el índice de Gini

(ambos antes de impuestos), para los países correspondientes.

Anexo D

País	Unemployment	Inflation	Education	Health	Open_grade
Alemania	0,062	0,015	13,959	80,280	0,749
Argentina	0,089	0,281	10,712	76,057	0,331
Australia	0,053	0,028	12,148	82,010	0,421
Austria	0,053	0,019	11,816	80,828	1,020
Bélgica	0,074	0,018	11,670	80,543	1,565
Brasil	0,099	0,073	7,218	73,448	0,268
Canadá	0,071	0,022	13,575	81,326	0,647
Chile	0,083	0,051	10,200	79,075	0,662
Colombia	0,109	0,046	7,822	75,023	0,372
Corea del sur	0,034	0,017	11,798	80,963	0,827
Costa Rica	0,086	0,064	8,400	78,863	0,717
Dinamarca	0,058	0,018	12,762	79,816	1,010
España	0,167	0,015	9,643	82,194	0,597
Estados Unidos	0,061	0,020	13,200	78,172	0,274
Estonia	0,081	0,043	13,386	75,916	1,453
Finlandia	0,081	0,017	12,535	80,583	0,770
Francia	0,090	0,013	11,018	81,836	0,604
Grecia	0,168	0,009	10,450	80,568	0,626
Hungría	0,071	0,039	11,731	74,677	1,565
Islandia	0,045	0,049	13,132	82,231	0,860
Israel	0,070	0,014	12,625	81,703	0,656
Japón	0,038	-0,002	12,528	83,291	0,318
Letonia	0,106	0,047	12,731	73,430	1,177
Lituania	0,094	0,036	12,682	73,582	1,353
Luxemburgo	0,054	0,031	12,557	81,233	3,250
México	0,042	0,052	8,362	73,892	0,655
Noruega	0,037	0,041	12,672	81,612	0,697
Nueva Zelandia	0,049	0,026	13,249	81,130	0,558
Países Bajos	0,049	0,015	12,107	80,916	1,431
Polonia	0,087	0,025	12,598	76,462	0,889
Portugal	0,097	0,017	8,510	80,026	0,752
Reino Unido	0,057	0,021	12,912	80,433	0,587
República Checa	0,053	0,019	12,487	77,753	1,355
República Eslovaca	0,113	0,015	12,271	75,756	1,694
Suecia	0,074	0,018	12,361	81,795	0,860
Suiza	0,045	0,003	13,126	82,649	1,186
Turquía	0,111	0,106	7,411	75,572	0,534

Tabla n°6: Segunda tabla correspondiente al detalle del panel de datos, muestra el valor promedio de las variables *Unemployment*, *Inflation*, *Education*, *Health* y *Open_grade*.

Anexo E

Regresión PSCE			
Variable Dependiente: Inequality			
Constante y efectos fijos anuales	Coefficiente	Error Estándar	Valor p
Constante	1,266836	0,0974268	0,000
2006	0,0077505	0,0007905	0,000
2007	0,0163808	0,0018666	0,000
2008	0,014458	0,0020721	0,000
2009	0,0091092	0,0020391	0,000
2010	0,0162954	0,002449	0,000
2011	0,0222651	0,002656	0,000
2012	0,0239298	0,0027071	0,000
2013	0,0262544	0,0028696	0,000
2014	0,0290262	0,00303	0,000
2015	0,0266898	0,0033268	0,000
2016	0,0271171	0,0037373	0,000
2017	0,0310149	0,0038923	0,000
2018	0,0326586	0,0049717	0,000
2019	0,03596	0,0049717	0,000
2020	0,0380213	0,0040973	0,000
2021	0,03787	0,0037024	0,000

Tabla n°18: Resultados de la estimación de coeficientes para los efectos fijos temporales, los niveles de significancia de 1%, 5% y 10% son representados por ***, ** y *, respectivamente.