



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
METROPOLITANA
del Estado de Chile

Semestral. Volumen 17, n.º 1, Julio 2023

REVISTA CHILENA DE ECONOMÍA Y SOCIEDAD

ARTÍCULOS

DESALIENTO LABORAL POR BRECHA SALARIAL: UNA EXPLICACIÓN A
LA PARTICIPACIÓN LABORAL FEMENINA EN MÉXICO 2005Q1-2020Q1
Emmanuel Salas

ECONOMÍA CIRCULAR:
METODOLOGÍA PARA EVALUAR SU IMPLEMENTACIÓN EN PYMES
Juan Bautista Abello-Romero | Camilo Céspedes Palmieri | Camila Díaz Díaz

ESTIMACIÓN DE INFLACIÓN IMPLÍCITA EN CHILE A TRAVÉS DE
INSTRUMENTOS DE RENTA FIJA TRANSADOS
Jorge Eduardo Rojas Valenzuela | Enzo Sepúlveda Vásquez

TWO-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TESTS AS CAUSALITY TESTS.
A NARRATIVE OF LATIN AMERICAN INFLATION FROM 2020 TO 2022
Marco Vinicio Monge Mora

ISSN (EN LÍNEA) 0719-0891

ISSN-L: 0718-3933

Semestral. Volumen 17, n.º 1, Julio 2023

REVISTA CHILENA DE ECONOMÍA Y SOCIEDAD



17

REVISTA CHILENA DE ECONOMÍA Y SOCIEDAD

© Facultad de Administración y Economía,

Universidad Tecnológica Metropolitana

ISSN 0718-3933 (impresa)

ISSN (en línea) 0719-0891 ISSN-L: 0718-3933

783786. INAPI-OMPI

Semestral

Volumen 17, n.o 1, Julio 2023

DIRECCION Dr. Hernán Alessandri 722, Santiago,
Código postal 7500998, Región Metropolitana - Chile
Correo electrónico: rches@utem.cl / claudio.molina@utem.cl

CONSEJO EDITORIAL

• **REPRESENTANTE LEGAL**

Marisol Durán Santis, Rectora UTEM

• **DIRECTOR**

Ms. Enrique Maturana Lizardi,
Decano Facultad de Administración y Economía UTEM

• **EDITOR JEFE**

Mg. Claudio Molina Mac-Kay.
Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago de Chile.
<https://orcid.org/0000-0001-5132-6455>

• **EDITORIA TÉCNICA**

Mg. Mariela Ferrada Cubillos.
Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago de Chile.
<https://orcid.org/0000-0003-1935-1612>

• **COMITÉ EDITORIAL**

Jorge Libuy García
Magíster en Economía Urbana, Universidad de Chile, Chile.
Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago de Chile.

Luis Valenzuela Silva

MSc. Economics, Universidad de Londres, Inglaterra.
Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago de Chile.

• CONSEJO CIENTÍFICO

Phd. Nikolaos Georgantzis
Burgundy School of Business, Bourgogne, Francia.
<https://orcid.org/0000-0002-9697-5368>

Dr. Juan Bautista Abello Romero
Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile.
<https://orcid.org/0000-0003-3064-3456>

Dr. Eduardo Enrique Sandoval Álamos
Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago de Chile.
<https://orcid.org/0000-0003-3529-2827>

Dr. Sergio A. Arellano Berumen
Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.
<https://www.ucm.es/modelonordico/berumen-arellano,-sergio-a>

COMITÉ TÉCNICO

• TRADUCCIÓN AL INGLÉS

Departamento de Humanidades. Facultad de Humanidades y Tecnologías de la Comunicación Social,
Universidad Tecnológica Metropolitana.

• DISEÑO - DIAGRAMACIÓN - CORRECCIÓN DE ESTILO

Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana,
Vicerrectoría de Transferencia Tecnológica y Extensión.
Encargada: Nicole Fuentes Soto
Coordinador editorial: Claudio Lobos Romero
Diseño y diagramación: Yerko Martínez
Fotografía de portada: Kj Brix, en Pexels.
Correo electrónico: editorial@utem.cl

• SOPORTE INFORMÁTICO Y TÉCNICO

Departamento de Sistemas y Servicios de Informática (SISEI). Universidad Tecnológica Metropolitana,
Santiago, Chile. Correo electrónico: soporte.sisei@utem.cl

Repositorio Académico, Sistema de Bibliotecas, (SIBUTEM). Universidad Tecnológica Metropolitana,
Santiago, Chile. Correo electrónico: repositorio.sibutem@utem.cl

Imagen de cubierta: ha sido diseñada con una imagen de Freepik.com



Bajo Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional License. (CC BY 4.0 Internacional). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. A menos que se indique lo contrario.

LAS IDEAS Y OPINIONES CONTENIDAS EN ESTA REVISTA SON DE RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DEL AUTOR Y NO EXPRESAN NECESARIAMENTE EL PUNTO DE VISTA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA. POLÍTICA DE RECLAMACIONES: REPORTE DE INCIDENCIAS MATERIAS DE ÉTICA (Committee on Publication Ethics - COPE) ENVIAR A: claudio.molina@utem.cl / rches@utem.cl.



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
METROPOLITANA

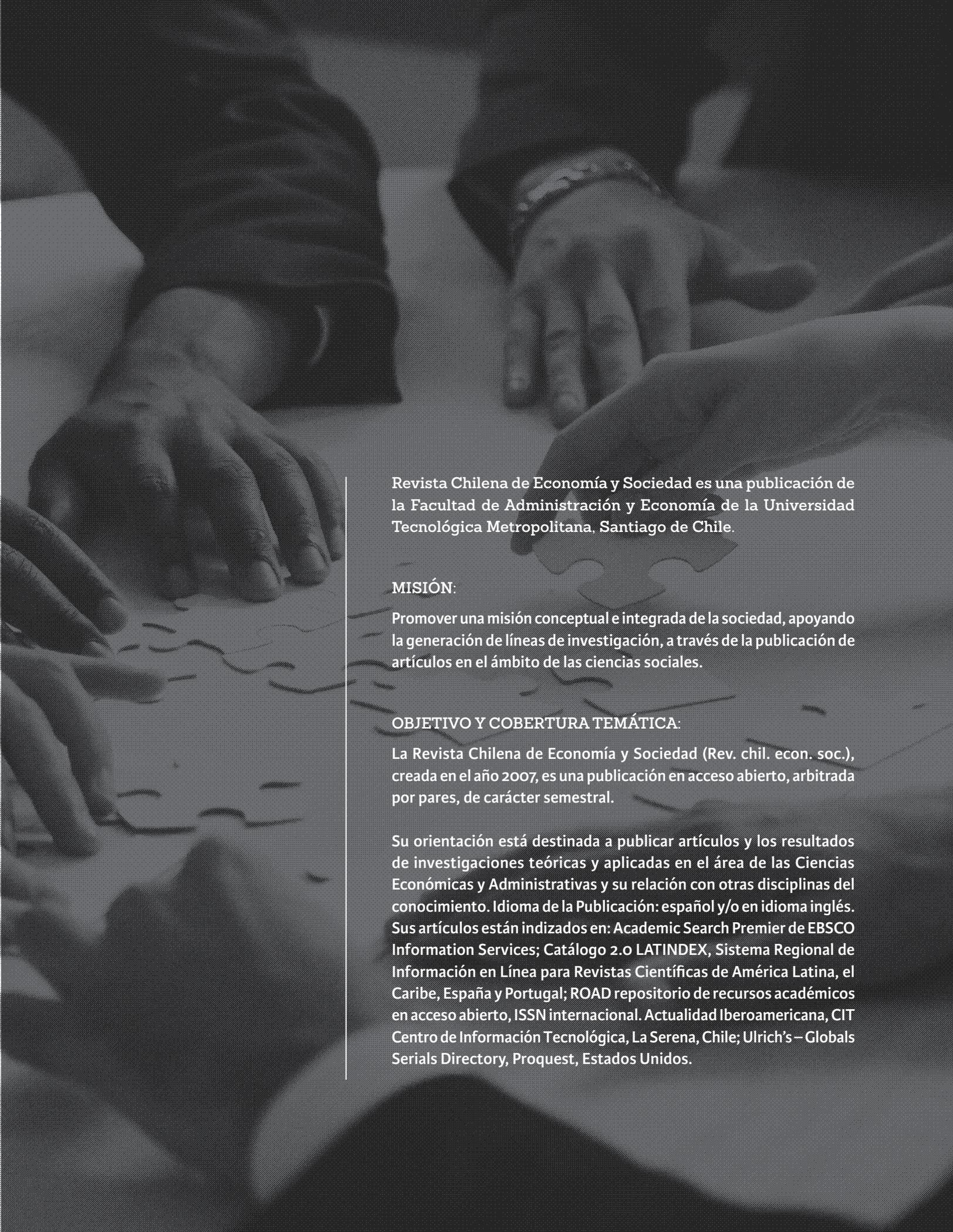
UTEM *del Estado de Chile*

REVISTA CHILENA DE ECONOMÍA Y SOCIEDAD



EDICIONES UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA METROPOLITANA

Santiago de Chile, julio 2023



Revista Chilena de Economía y Sociedad es una publicación de la Facultad de Administración y Economía de la Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago de Chile.

MISIÓN:

Promover una misión conceptual e integrada de la sociedad, apoyando la generación de líneas de investigación, a través de la publicación de artículos en el ámbito de las ciencias sociales.

OBJETIVO Y COBERTURA TEMÁTICA:

La Revista Chilena de Economía y Sociedad (Rev. chil. econ. soc.), creada en el año 2007, es una publicación en acceso abierto, arbitrada por pares, de carácter semestral.

Su orientación está destinada a publicar artículos y los resultados de investigaciones teóricas y aplicadas en el área de las Ciencias Económicas y Administrativas y su relación con otras disciplinas del conocimiento. Idioma de la Publicación: español y/o en idioma inglés. Sus artículos están indizados en: Academic Search Premier de EBSCO Information Services; Catálogo 2.0 LATINDEX, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal; ROAD repositorio de recursos académicos en acceso abierto, ISSN internacional. Actualidad Iberoamericana, CIT Centro de Información Tecnológica, La Serena, Chile; Ulrich's—Globals Serials Directory, Proquest, Estados Unidos.

Políticas editoriales de la Revista

Política de acceso a los contenidos

La revista tiene una política de acceso abierto, bajo el principio de disponibilidad gratuita a los productos de investigación para el público general. Bajo Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional License. (CC BY 4.0 Internacional). La única limitación en cuanto a reproducción y distribución, es que se deberá dar a los autores de la Revista, el control sobre la integridad de sus trabajos y el derecho de ser adecuadamente reconocidos y citados a partir de la obra derivada de la Rev. chil. econ. soc.

Envío de manuscritos

Los trabajos para evaluación se reciben todo el año, pero el editor anunciará por medios electrónicos, los cierres que corresponden a cada semestre. Los trabajos enviados a la Rev. chil. econ. soc. deben ceñirse a las Normas de Publicación de la revista <https://rches.udem.cl/normas-publicacion/> Los trabajos enviados para su publicación deben ser inéditos y el autor debe comprometerse a no someterlo simultáneamente a la consideración de otras publicaciones periódicas.

Los artículos que no cumplan con las directrices de la Rev. chil. econ. soc., no estarán sujetos a la fase de respuesta, selección y/o posterior dictamen escrito.

Responsabilidad del Editor(es)

El Editor informará al autor sobre la decisión de publicar, publicar condicionado a cambios o rechazar el artículo, entregando las observaciones en caso necesario para la preparación definitiva. Es responsabilidad del editor y de su Comité editorial, el evaluar y enviar a dictaminación por parte de los revisores, los artículos sin tomar discriminación alguna relativa al género, orientación sexual, creencia religiosa, creencia política, nacionalidad, origen étnico o posicionamiento personal de los autores.

El editor deberá velar por tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de revisión por pares justa y apropiada.

El editor se responsabiliza a publicar las correcciones, aclaraciones, retractaciones y disculpas cuando sea necesario, y/o solicitarlas a él o los autores, en cuanto sea preciso o demandado a la Revista.

Cesión de derechos de autor

- Los autores al momento del envío confirman la adhesión a la política de acceso abierto, (CC BY internacional) bajo el principio de disponibilidad gratuita a los productos de investigación para el público general.
- Además autorizan a la Revista la edición, publicación, impresión, reproducción, distribución, difusión y almacenamiento de la Obra en todo el mundo y todos los medios y formatos sin perder su derecho de ser adecuadamente reconocidos y citados en cuanto a su autoría.

Libre de cobro o de tasas por la sumisión y publicación: libre de pago o APC (Article Processing Charge). La revista exime a los autores del cobro por el proceso de revisión, edición y publicación de los manuscritos.

Permisos para los autores: se autoriza establecer copia en repositorios institucionales o personales de preprint o de posprint editorial, en este caso, siempre y cuando se cite la fuente o sitio institucional donde han sido publicados originalmente.

Acerca de posibles conflictos de interés o de ética

La revista, ante un eventual conflicto de interés o de ética, lo resolverá a través de su Comité Editorial en conjunto con el Comité Asesor Científico. La revista EPE tomará en consideración, en todos los casos en que se requiera por la complejidad de la materia a resolver, las recomendaciones y buenas prácticas del Committee on Publication Ethics (COPE) Disponible en: <http://publicationethics.org/>

Reporte de incidencias relacionadas con materias de ética (en base a las consideraciones generales del Committee on Publication Ethics – COPE), enviar a: rches@utem.cl

Detección o prevención del plagio

La Revista emplea un sistema para detectar o prevenir el plagio, (Véase <https://www.urkund.com/es/>), con motivo de salvaguardar la pertinencia u originalidad de los contenidos a publicar.

Políticas de preservación de archivos digitales

Los contenidos de la Revista se encuentran preservados en un repositorio institucional propio. Véase Repositorio Académico UTEM <http://repositorio.utem.cl/>)

Indexada en: Academic Search Premier de EBSCO Information Services; LATINDEX, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal; ROAD repositorio de recursos académicos en acceso abierto, ISSN internacional. Actualidad Iberoamericana, CIT Centro de Información Tecnológica, La Serena, Chile; Ulrich's – Globals Serials Directory, Proquest, Estados Unidos.

SUMARIO

página 13

PRESENTACIÓN

Enrique Maturana Lizardi

ARTÍCULOS

página 16

DESALIENTO LABORAL POR BRECHA SALARIAL: UNA EXPLICACIÓN A LA PARTICIPACIÓN LABORAL FEMENINA EN MÉXICO 2005Q1-2020Q1

Emmanuel Salas

página 36

ECONOMÍA CIRCULAR: METODOLOGÍA PARA EVALUAR SU IMPLEMENTACIÓN EN PYMES

Juan Bautista Abello-Romero, Camilo Céspedes Palmieri, Camila Díaz Díaz

página 56

ESTIMACIÓN DE INFLACIÓN IMPLÍCITA EN CHILE A TRAVÉS DE INSTRUMENTOS DE RENTA FIJA TRANSADOS

Jorge Eduardo Rojas Valenzuela, Enzo Sepúlveda Vásquez

página 68

TWO-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TESTS AS CAUSALITY TESTS. A NARRATIVE OF LATIN AMERICAN INFLATION FROM 2020 TO 2022

Marco Vinicio Monge Mora



PRESENTACIÓN

PRESENTACIÓN

La Facultad de Administración y Economía (FAE) de la Universidad Tecnológica Metropolitana del Estado de Chile (UTEM) tiene el agrado de presentar a la comunidad el volumen 17, número 1 (julio 2023) de la Revista Chilena de Economía y Sociedad.

Al igual que en ediciones anteriores, este nuevo número aspira a continuar siendo un medio de vinculación con su entorno y un espacio necesario para generar la debida reflexión y discusión académica acerca de temas relevantes para nuestra sociedad, desde una perspectiva económica y social.

La presente edición contiene cuatro artículos:

El primero está referido a “Desaliento laboral por brecha salarial: una explicación a la participación laboral femenina en México 2005Q1-2020Q1”, del doctor en Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, México, Emmanuel Salas. El autor señala que la tasa de participación laboral femenina en México es una de las más bajas entre países de desarrollo similar y, además, presenta cambios erráticos a través del tiempo. Debido a esta situación, este trabajo tiene por objeto contrastar la hipótesis del trabajador desalentado en la participación laboral femenina en México. En el documento se argumenta que el desaliento laboral femenino se explica como una reacción racional ante la brecha salarial. Un aspecto innovador es el uso del enfoque de riesgo de percepción salarial a partir de una razón de momios, en lugar de la metodología tradicional Oaxaca (1973) y Blinder (1973) (en adelante Oaxaca-Blinder), que es el estándar para el cálculo de la brecha salarial por género. El enfoque de series de tiempo permitió concluir la validez de la hipótesis; estadísticamente encontramos que las mujeres se insertan más al mercado laboral si su percepción de brecha salarial se reduce y se retiran cuando su percepción de brecha salarial aumenta. De esta forma, el trabajo de investigación concluye que el aumento de la brecha salarial ejerce un fuerte efecto de desaliento para la inserción laboral.

Un segundo artículo expone el tema “Economía circular: metodología para evaluar su implementación en Pymes”, de Juan Bautista Abello-Romero, doctor en Ciencias de la Administración por la Universidad de Santiago de Chile, en conjunto con Camilo Céspedes Palmieri y Camila Díaz Díaz, ambos contadores públicos y auditores de la misma casa de estudios. Expresan que, dada la importancia que tiene la Economía Circular para lograr una mayor sostenibilidad en las empresas, existe la necesidad de evaluar y comparar las estrategias a nivel de procesos. Además, como gran parte de las iniciativas para su implementación están fuera de alcance para las pequeñas y medianas empresas, surge el interés en diseñar una propuesta metodológica que permita evaluar la implementación de la Economía Circular en pymes. Añaden que la metodología pyme-circular es una herramienta útil para determinar la viabilidad de diversas estrategias circulares a nivel operativo, a través de un modelo de toma de decisiones multicriterio (MCDM). La determinación de criterios e indicadores, desde el punto de vista de la sostenibilidad, permitió cuantificar los elementos que influyen en la evaluación de estrategias, ayudando así a los dueños a visualizar la factibilidad de alternativas que apoyarán la toma de decisiones.

A continuación, se presenta el artículo “Estimación de inflación implícita en Chile a través de instrumentos de renta fija transados”, de Jorge Eduardo Rojas Valenzuela, ingeniero comercial de la UTEM, y de Enzo Sepúlveda Vásquez, también ingeniero comercial de la UTEM y magíster en Finanzas de la Universidad de Chile. Los autores indican que existen mecanismos indirectos en los mercados de renta fija y de instrumentos derivados para determinar la tasa de inflación implícita, de acuerdo con el plazo de madurez de tales instrumentos. El objetivo es verificar si estos mecanismos de determinación son acordes con la meta inflacionaria establecida por el Banco Central en Chile. Agregan que, finalmente, en cuanto a la relevancia de orientar la política monetaria con base en una meta

de inflación, es necesario recordar lo indicado en entrevista con La Tercera, en septiembre de 2021, por el expresidente del Banco Central de Chile Mario Marcel, en el contexto de los retiros previsionales y críticas del mundo político por alzas en TPM: “Se ha hablado en estos días de economía a escala humana, pues bien, yo creo que no hay nada más inhumano en economía que la inflación. La inflación es una fuerza invisible que erosiona día a día los ingresos que las personas generan con mucho esfuerzo. La inflación no es solo un índice, un dato abstracto, está en el bolsillo de las personas y nuestra misión es cuidarles el bolsillo a las personas”.

El cuarto y último artículo aborda el tema “Pruebas de Kolmogórov-Smirnov de dos muestras como pruebas de causalidad. narrativa de la inflación latinoamericana desde el 2020 al 2022”, de René Fernández Montt y Alfredo Lazo Roa, con filiación institucional en la Universidad de San José, Costa Rica. En esta investigación se expone la capacidad de las pruebas de Kolmogórov-Smirnov de dos muestras para estudiar la existencia de efectos asimétricos (una innovación metodológica) y las dinámicas de experimentos naturales. Para mostrar ambas aplicaciones se analiza la inflación latinoamericana desde 2020 hasta 2022. Se concluye que la instauración de políticas de cierres de comercios (debidas a la pandemia de covid-19) fue menos deflacionaria de lo inflacionaria que fue su eliminación; y se comprueba que, en general, la inflación latinoamericana en nuestro periodo de estudio obedece a factores idiosincráticos más allá de la política monetaria de los Estados Unidos.

A todos los autores y demás colaboradores de esta nueva edición, muchas gracias.

Enrique Maturana Lizardi
Decano
Facultad de Administración y Economía
Universidad Tecnológica Metropolitana

DESALIENTO LABORAL POR BRECHA SALARIAL: UNA EXPLICACIÓN A LA PARTICIPACIÓN LABORAL FEMENINA EN MÉXICO 2005Q1- 2020Q1

LABOR UNEMPLOYMENT BY WAGE GAP: AN EXPLANATION OF
FEMALE LABOR PARTICIPATION IN MEXICO 2005Q1-2020Q1

Emmanuel Salas *

RESUMEN

La tasa de participación laboral femenina en México es una de las más bajas entre países de desarrollo similar y, además, presenta cambios erráticos a través del tiempo. Debido a esta situación, el presente trabajo tiene por objeto contrastar la hipótesis del trabajador desalentado en la participación laboral femenina en México. En el documento se argumenta que el desaliento laboral femenino se explica como una reacción racional ante la brecha salarial. Un aspecto innovador es el uso del enfoque de riesgo de percepción salarial a partir de una razón de momios, en lugar de la metodología tradicional Oaxaca (1973) y Blinder (1973) (en adelante Oaxaca-Blinder), que es el estándar para el cálculo de la brecha salarial por género.

El enfoque de series de tiempo permitió concluir la validez de la hipótesis, estadísticamente encontramos que las mujeres se insertan más al mercado laboral si su percepción de brecha salarial se reduce; y se retiran cuando su percepción de brecha salarial aumenta. De esta forma concluimos que el aumento de la brecha salarial ejerce un fuerte efecto de desaliento para la inserción laboral.

Palabras Claves: series de tiempo, tasa de participación femenina, hipótesis del trabajador desalentado, brecha salarial

Keywords: times series, female labor participation, discouraged worker hypothesis, and wage gap

Códigos JEL: B54, C32, J22

Fecha de recepción: 24 de marzo 2023

Fecha de aceptación: 6 junio 2023

* Doctor en Economía, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, México.

Investigador Nacional Nivel I adscrito del Centro de Modelística y Pronósticos Económicos (Cempe) Coyoacán, Distrito Federal, México. Correo electrónico: salas.emmanuel@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6130-1195>.

Este artículo forma parte del proyecto de investigación Sociedad y Economía Poscovid en México. Mercado laboral, pobreza, inequidad y lento crecimiento (IN308021), Dgapa, UNAM.



“La igualdad hacia la mujer es progreso para todos”,
Ban Ki-Moon, exsecretario general de la ONU
14 de marzo de 2023

INTRODUCCIÓN

México tiene una tasa de participación laboral femenina inferior a la de los países con los que tiene un nivel similar de desarrollo. Aunque la participación laboral de las mujeres ha incrementado a lo largo de los últimos veinte años, periodo para el que hay datos, es importante mencionar que ha pasado por algunos periodos muy volátiles y no siempre positivos. A pesar de que a través del tiempo han existido cambios culturales, demográficos, de composición familiar y postergación del matrimonio, que han permitido un aumento de la oferta de mano de obra femenina, ésta no se ha visto reflejada de forma fehaciente en los datos.

A ello debemos agregar que, durante el mismo periodo, las mujeres han incrementado su participación como mano de obra calificada, ya que los datos muestran que la mano de obra femenina con bachillerato o más han duplicado su participación laboral. Sin embargo, su tasa de participación se mantiene persistentemente por debajo del 50%.

De esa forma, pareciera haber cierto comportamiento difícil de comprender porque el logro educativo no se ha reflejado de manera tan clara en su participación laboral; a pesar de ello creemos que sus decisiones son racionales, por lo cual partimos de definiciones clásicas y tradicionales que nos ayuden a entender de manera racional este fenómeno.

En ese sentido, la literatura económica menciona que a mediano y largo plazo:

[...] los salarios relativos, aunque todavía son desventajosos para la mujer, han avanzado a su favor, lo cual parece indicar que el motivo de su mayor participación en la fuerza laboral ha sido la mejora de sus oportunidades laborales relativas. En algunos

países y en ciertos periodos las tasas de participación a corto plazo aumentan cuando la situación macroeconómica se deteriora, intensificando la presión en el mercado laboral [...] no hay indicios de que las mujeres se vean obligadas a ingresar en el mercado laboral debido a la penuria económica de sus familias, aunque dicha situación puede ocurrir en unos pocos países (BID, 2004, p. 3).

De esta manera, notamos que la *hipótesis del trabajador desalentado* aplicada a la participación laboral femenina es fundamental para explicar su comportamiento a lo largo del tiempo, al menos en México.

A partir de una variación de la ecuación de Mincer (1974) modelamos una curva de reacción que asocia la brecha salarial con la tasa de participación. De esa manera observamos que, a pesar del incremento en el logro educativo femenino, la baja tasa de participación es una respuesta estrictamente racional de las mujeres ante la desigualdad salarial, conocida como brecha salarial (Oaxaca, 1973; Blinder 1973), lo que se traduce en costos millonarios para la sociedad debido a que el logro educativo femenino no se ve reflejado en un incremento en la productividad, crecimiento y bienestar vía una mayor tasa de participación laboral.

De esa manera, asociamos que el salario visto en términos microeconómicos como el producto marginal del trabajo deberá ser igual a la desutilidad por la pérdida del ocio. De no ser así, nos enfrentamos a un subóptimo debido a que las mujeres recibirán una retribución inferior a la de su productividad y ello desencadenaría racionalmente un proceso de una reducción de la oferta laboral.

Tal vez en el pasado hubiera rezagos por el hecho de que las mujeres, al tener menos educación que los hombres, aportarían menos productividad y, por lo tanto, estarían sujetas a menores salarios tal como lo expresó Mincer (1974). Pero si el incremento de su educación no refleja una reducción en el riesgo de la percepción de un bajo salario, entonces tenemos

evidencia clara de violencia económica, vía la brecha salarial por género, que justifica de forma racional la baja participación femenina.

Por lo tanto, si la brecha salarial es amplia, ésta justificaría una baja participación laboral femenina de manera agregada, independientemente del logro educativo. Por el contrario, si la brecha salarial se reduce, de manera racional, lo que observamos es un incremento en la oferta laboral.

Hemos de precisar que tradicionalmente, la literatura de análisis de brecha salarial ocupa el método Oaxaca-Blinder. Un problema que tiene este método es que debe tratar de manera particular cada caso para encontrar el promedio de la brecha y las razones de su existencia. Es por ello por lo que nosotros, al contrario del resto de la literatura, ocupamos el cálculo del riesgo de tener un bajo salario sólo por el hecho de ser mujer, a partir del cálculo de la razón de momios. La razón de momios nos permite aislar el efecto de una característica específica dentro de una población para medir un riesgo, en este caso medimos el riesgo relativo de tener una baja retribución sólo por el hecho de ser mujer, como una variable *proxy* de la brecha salarial.

Y mencionamos que el análisis de los hechos estilizados muestra con claridad que la oferta laboral medida a partir de la tasa de participación reacciona inversamente a la dinámica de la variable *proxy* de la brecha salarial, tal como lo hemos sugerido en la hipótesis, además este aspecto lo corroboramos de forma sólida y eficiente mediante un modelo de Vector de Corrección de Error (VEC).

En función de lo anterior hemos dividido este artículo además de esta introducción en una revisión de la literatura que muestra los aspectos básicos que explican la presencia de la brecha salarial y un mecanismo de transferencia racionalmente explique la participación laboral, posterior a ello analizamos los hechos estilizados de las variables más importantes para la hipótesis, en aspectos econométricos estima-

mos un modelo VEC que corrobora nuestra hipótesis y por último las conclusiones en las que analizamos no solamente la participación laboral femenina sino los costos macroeconómicos que puede tener esta circunstancia para México.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1 El mercado laboral y su racionalidad

Es una regularidad presente, a lo largo del mundo, que la participación laboral femenina es inferior a la participación laboral masculina. Sobre ello se ha escrito una gran cantidad de artículos que han tratado de forma casuística (caso por caso) este fenómeno, pero pocas veces se les ha dado la importancia a las preferencias.

Las personas, en términos de elección racional, elegimos no en términos de necesidad sino de maximización de la utilidad, de esa manera el decidir incorporarse al mercado laboral no es por una necesidad sino por un deseo en términos del axioma débil de la preferencia revelada (Mas-Colell et al., 2006, p. 10) que *grosso modo* indica que una elección es una preferencia revelada.

En ese sentido, en un marco de elección racional asumimos que existe desutilidad derivada del trabajo y esa desutilidad debe ser cubierta por la remuneración por realizar ese trabajo. De tal forma, si alguien desea participar en el mercado laboral es porque sus expectativas de ingreso son al menos iguales a su propia percepción de la desutilidad que le ocasionaría el trabajo. Pero si existe alguna barrera que inhiba que la retribución iguale a la desutilidad, este individuo de manera racional se mantendrá afuera del mercado laboral, lo que define a la hipótesis del trabajador desalentado.

Es en este punto en donde analizamos una rigidez del mercado, que es la discriminación salarial y los efectos que ha tenido en otras economías. A manera

de una definición ubicamos la discriminación salarial como la presencia de una retribución salarial inferior a la derivada de la productividad debido a una sola característica de género, ser mujer.

Lago (2002) menciona que mundialmente, el salario de las mujeres se sitúa alrededor del 70% del salario de los hombres, aún en las sociedades más avanzadas, y que a pesar de las sistemáticas reducciones de la brecha salarial que durante el siglo XX se han presentado, esta discriminación salarial sigue vigente en el mundo. Además, menciona que, en España, durante la primera década del siglo XXI se experimentó una entrada masiva de mujeres al mercado laboral, pero esto ocurrió en un entorno de una marcada diferencia salarial que varía dramáticamente alrededor de diversas áreas de la economía. Por ejemplo, en el ámbito privado, la discriminación salarial por género es un 58% más elevada que en el sector público.

Fuentes et al. (2005) reportan que en Chile se han mantenido fuertes diferencias en el trato a la población femenina y aunque han aprobado leyes que han mejorado su equidad para la incorporación en el mercado laboral es un hecho que aún existe fuerte evidencia de discriminación salarial por género. Así, los autores reportan que existe una discriminación alrededor del 27,5% en el 2003 que implica un sub-pago promedio a las mujeres de 14,3% y un sobrepago a los hombres de 13,2%.

Martínez y Acevedo (2004) en un estudio para México, hecho a partir de la estimación de ecuaciones tipo Mincer, analizaron las diferencias salariales no explicables por las características personales asociadas con la teoría del capital humano, productividad derivada de la capacitación y educación, encontraron que el 85% de esa diferencia salarial se explica por discriminación de género.

Martínez y Morones (2021) analizan el sector turístico en México y sugieren que para el cuarto trimestre de 2009 el 39,35% de la brecha salarial entre hombres y mujeres se explica por discriminación salarial por

género, en contraste del 21,95% que se debe a la inversión en capital humano.

Rodríguez y Limas (2017) analizan en México que la discriminación no es igual en todas las áreas, encuentran por el análisis de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) que las mujeres ubicadas en el área de salud son las que experimentan una mayor desigualdad y discriminación y concluyen que la profesión y la región de residencia influyen en la brecha salarial y la discriminación.

Sánchez et al. (2021) mencionan que, para Ecuador, aunque existe una marcada reducción en la brecha salarial de un 46% para el año de estudio, todavía existe en promedio una diferencia de 56 dólares menos, sólo por ser mujer.

El Banco Interamericano de Desarrollo (2004), puntualiza que, en México, la tasa de participación femenina no calificada es contracíclica, lo que implica que, al existir una contracción del producto, la participación femenina con menos estudios tiende a aumentar dentro de la economía. Mientras que dentro de los estratos calificados de la participación femenina han aumentado de forma significativa aún no presentan un impacto importante en la participación femenina total.

2. Metodología Oaxaca-Blinder

En este apartado exploramos la metodología Oaxaca-Blinder, porque es el estándar para el cálculo de la brecha salarial por discriminación de género. Aunque en el presente trabajo proponemos el uso de una prima de riesgo relativo que nos permite igualmente medir de manera indirecta la discriminación por género¹.

De manera formal, la metodología de Oaxaca-Blinder parte del supuesto de los efectos generados por las dotaciones de capital humano en ambos sexos, de

1. Desde nuestra perspectiva, dicha propuesta arroja resultados estadísticos más robustos como predictor de la brecha salarial y su consecuente discriminación por género.

forma que, si se equiparan esas diferencias, éstas podrían atribuirse a la discriminación.

En ausencia de la discriminación entre hombres y mujeres se debería recibir igual salario para las mismas características de capital humano, pero si existen esas discrepancias en ingresos serán consecuencia de la brecha de género. Con esta metodología se obtienen los valores promedio de la brecha salarial y su descomposición.

Es importante mencionar que esta metodología requiere de grandes bases de datos y de cálculos muy puntuales que han inhibido su aplicación de manera generalizada a todas las áreas de la economía, para encadenar una larga serie de tiempo que nos permita analizar nuestro objetivo, por lo que buscamos una alternativa en la razón de momios para calcular la prima de riesgo relativo.

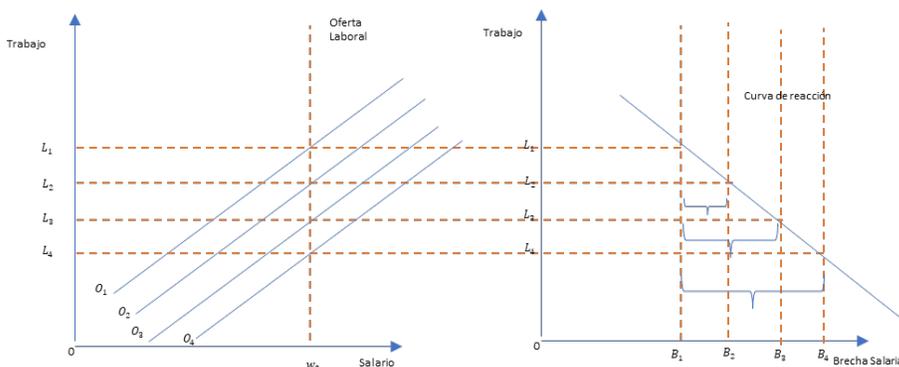
3. Un modelo de explicación de la baja participación laboral femenina

El modelo se basa en la hipótesis del trabajador desalentado desde una perspectiva de género. Asumimos que existe una brecha salarial que inhibe el proceso de absorción de la mano de obra femenina.

Definimos a la brecha salarial como la existencia de una menor retribución por un factor extraeconómico, en este caso ser mujer. Para modelar este aspecto consideramos a esta discriminación como una rigidez de mercado.

En el Esquema 1 en el panel de la izquierda observamos un salario fijo determinado de manera arbitraria y exógena y cuatro curvas de oferta laboral. Hemos supuesto que el desempleo es igual a 0 (es muy restrictivo, pero en la economía mexicana las tasas de desempleo son relativamente bajas).

Esquema 1. Mercado laboral femenino con discriminación de salario



Fuente: elaboración propia.

Cada una de estas curvas de oferta laboral está inspirada en la ecuación de Mincer (1974); la curva laboral corresponde a una curva asociada con una baja educación, en ese sentido el trabajo tiene una menor productividad, pero también está asociado con una menor desutilidad de la pérdida del ocio; la curva muestra un desplazamiento a la derecha debido al incremento del logro educativo.

La ecuación de Mincer (1974) plantea que a un incremento de los años de educación le corresponde un incremento en el salario percibido por el incremento de la productividad, lo anterior también incrementa la desutilidad por la pérdida del ocio, por lo cual, el trabajo debe ser pagado a un mayor salario, como ese no es el caso porque el salario queda fijo por una causa exógena, la oferta laboral se reduce; este mecanismo se reproduce en las siguientes dos curvas de manera que ante un mayor logro educativo, si se mantiene fijo y exógeno el salario, habrá una reducción de la oferta laboral.

En ese sentido, en el panel derecho apreciamos que en el eje de las abscisas tenemos la brecha salarial que muestra la diferencia entre el salario percibido y el salario real que merecerían las aptitudes que muestran las mujeres y encontramos una relación negativa entre esta brecha salarial y una oferta laboral que se reduce.

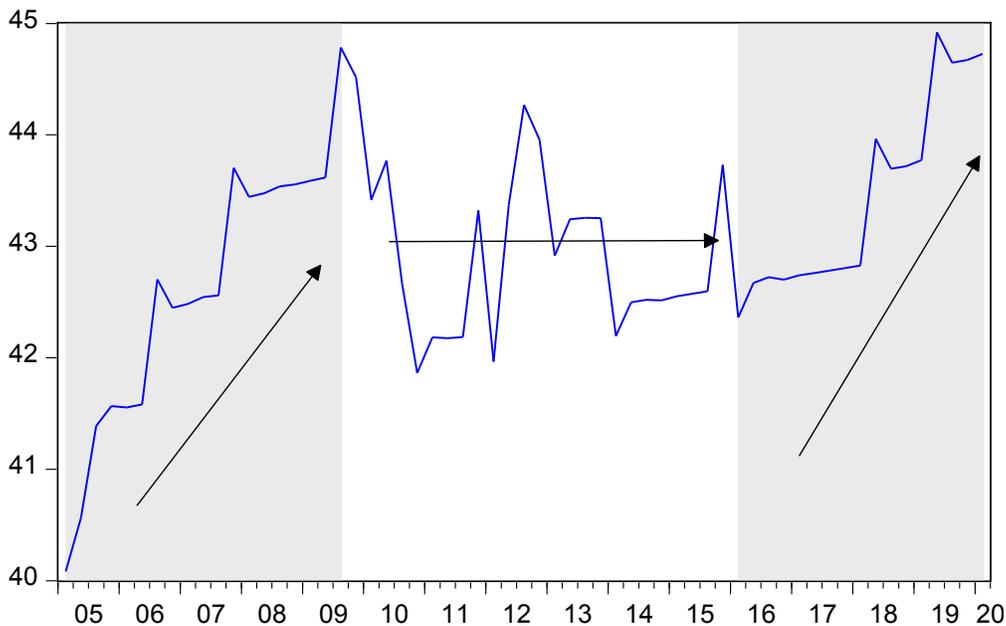
En síntesis, si existe una rigidez del mercado como la discriminación por género que, de forma exógena, limita el salario máximo que pueden percibir las mujeres, estas de manera racional crean una curva de reacción, en la cual asocian la brecha salarial y la oferta laboral de manera que frente a una mayor brecha percibida se reducirá su oferta laboral y, por el contrario, ante una reducción de la brecha salarial aumentarán su oferta laboral. Es importante señalar que, ante la restricción salarial, el incremento de la educación también reduce la oferta laboral.

Este esquema tiene la capacidad de integrar dos aspectos muy importantes en el mercado laboral femenino que son: a) el incremento sistemático del logro educativo y b) la lenta, y errática trayectoria que ha tenido su oferta laboral a lo largo del tiempo, debido a un factor no visible, que suponemos, es la presencia de la brecha laboral.

2. ANÁLISIS DE HECHOS ESTILIZADOS

El periodo de análisis es 2005Q1-2020Q1, debido a que es el periodo continuo más amplio para el que tenemos información; mencionamos que la (ENOE), no recoge todas las variables del conjunto de información en 2020Q2, por lo que es hasta esa observación que limitamos el análisis.

Gráfica 1. México, Tasa de participación femenina. 2005Q1-2020Q1



Fuente: ENOE (2021).

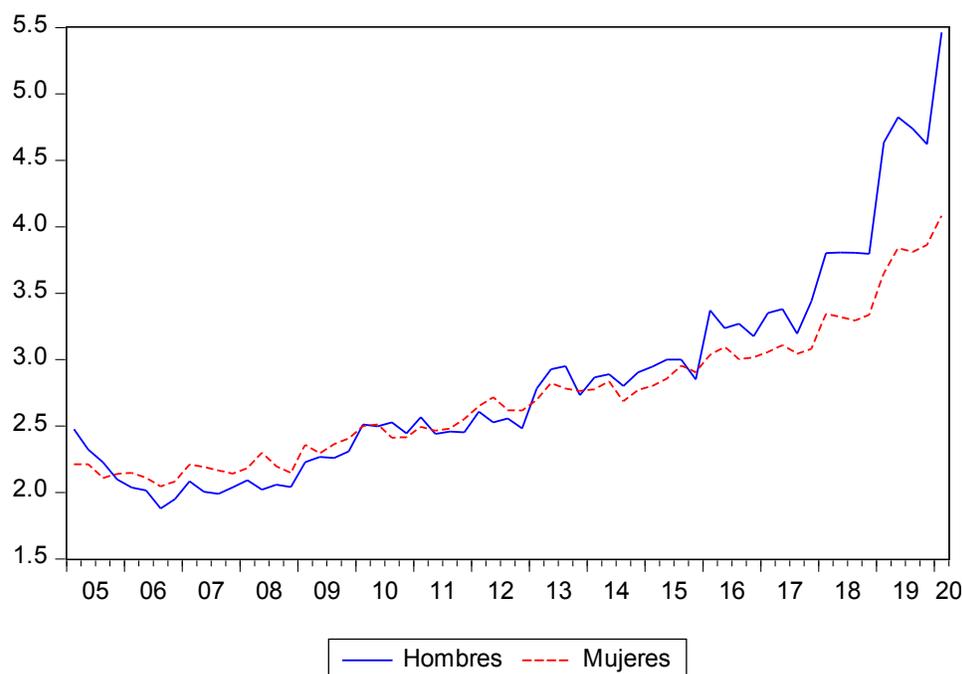
En la Gráfica 1 apreciamos que, aunque la tasa de participación ha crecido 5%, este incremento ha sido pequeño y con trayectoria errática.

Vemos tres periodos: el primero, inicia de 2005 a 2009, y se caracteriza por un incremento acelerado y sistemático que llevó a la variable cerca de su máximo histórico; el segundo periodo, lo asociamos con los efectos de la *Gran Recesión* que finalizó hasta 2015. Además, es notoria una media relativamente constante

de alrededor de 43% y con alta volatilidad. El tercer periodo inicia hasta después de 2015, tal vez impulsado por efectos rezagados de la Reforma Laboral de 2012 que la tasa de participación retoma su crecimiento, pero de forma menos acelerada.

Es claro que la variable tiene una dinámica, un tanto errática, que con excepción a la *Gran Recesión* no parece tener una relación con las variables tradicionales. Es por ello por lo que exploramos los ingresos, en particular la cantidad de personas con un ingreso bajos.

Gráfica 2. México, hombres y mujeres con dos salarios mínimos o menos en zonas urbanas. Millones de personas, 2005Q1-2020Q1



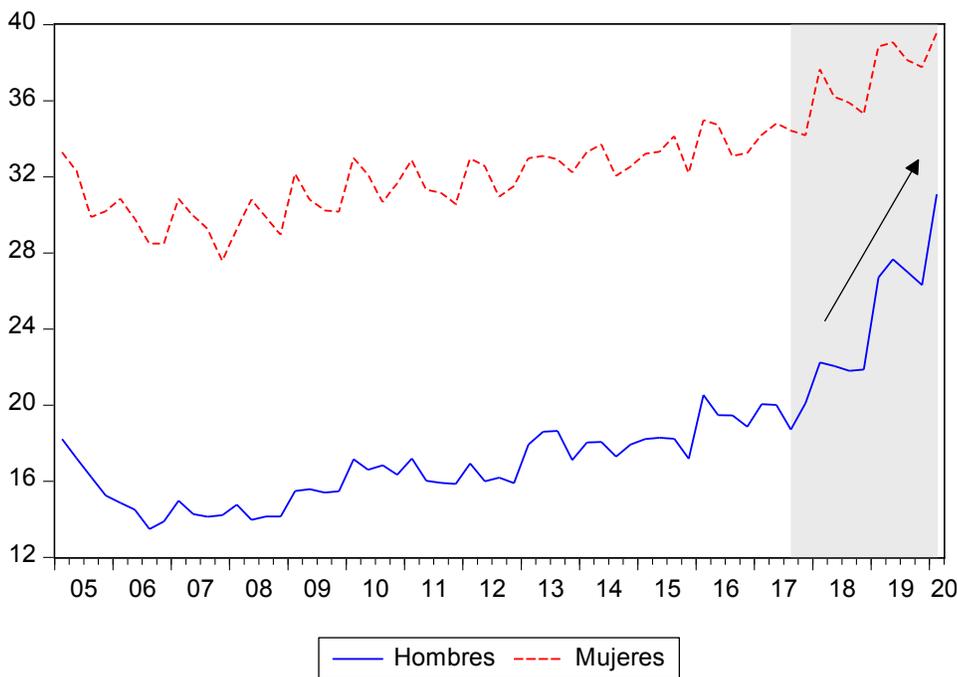
Fuente: ENOE (2021).

En la Gráfica 2 apreciamos evidencia de la acelerada descomposición del mercado laboral y se debe a que en general la obtención de dos salarios mínimos es el límite superior de ingresos considerado para el cálculo de la Tasa de Condiciones Críticas de Ocupación (TCCO).

Recordemos que la mayoría de esos empleos, aunque tengan una jornada de ocho horas, sólo tienen un día de descanso, por lo que trabajan alrededor de 48 horas a la semana. Es preocupante que, ante la baja tasa de participación femenina, de 2005 a 2015 en varios periodos de tiempo hay más mujeres con esas exiguas percepciones que hombres.

Es sólo hasta 2015 que los hombres aceleran su presencia en este subconjunto de ingresos, mientras que las mujeres, de forma aparente, sólo mantienen su tendencia. En la Gráfica 3 analizamos este efecto, con porcentajes.

Gráfica 3. México, porcentaje de hombres y mujeres que perciben a lo más dos salarios mínimos. 2005Q1-2020Q1

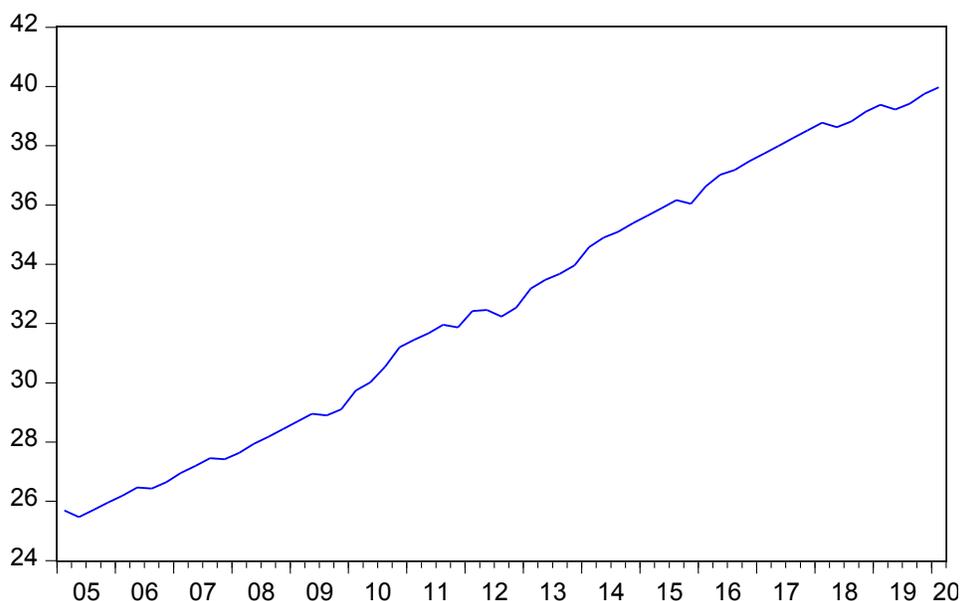


Fuente: ENOE (2021).

Con porcentajes apreciamos de forma más clara el efecto de la precarización laboral, particularmente en los hombres, debido a que pasaron de una media de alrededor de 16% a un valor máximo del 32%, lo que implicó casi duplicar la cantidad de hombres que ganaban a lo más dos salarios mínimos.

En el caso de las mujeres, percibimos que la tendencia sigue en ascenso, pero no se acelera. Este efecto es muy relevante porque sólo a partir de la precarización del mercado laboral masculino es que se ha logrado mayor equidad en el mercado laboral.

Gráfica 4. México, porcentaje de mujeres ocupadas con bachillerato terminado o más. 2005Q1-2020Q1



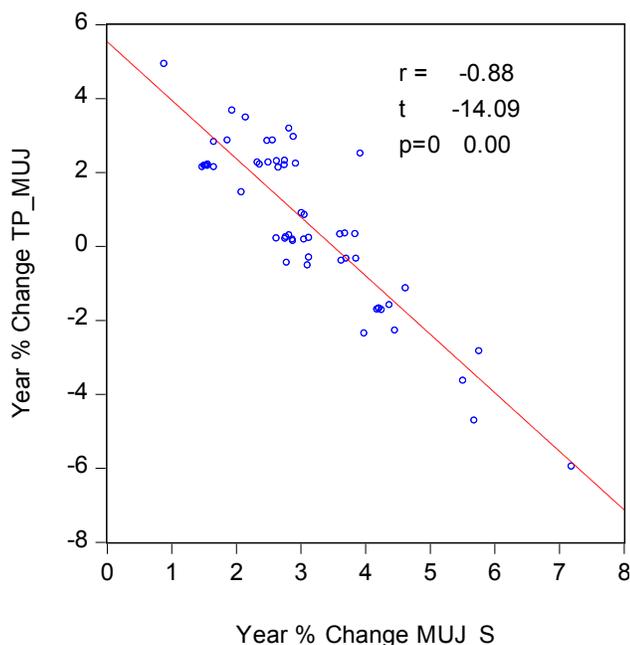
Fuente: ENOE (2021).

En la Gráfica 4 vemos que de forma sistemática se han incorporado mujeres con educación media superior o más, pero este incremento no se ha reflejado en la tasa total de participación femenina. De hecho, también es preocupante este aspecto porque estas mujeres se han estado incorporando a trabajos cuyas percepciones son también muy bajas, como lo vimos en la Gráfica 3.

Es importante señalar que no vemos incremento en la remuneración asociada con el mejor capital humano que se incorpora de parte de las mujeres por lo que creemos que eso se refleja en la baja tasa de participación femenina.

Gráfica 5. México, mujeres ocupadas con bachillerato terminado o más y tasa de participación.

Tasa de crecimiento anualizada, 2005Q1-2020Q1



Fuente: elaboración propia con datos de la ENOE (2021).

Lo anterior se refuerza con la Gráfica 5 y se asocia con lo que vimos en el Esquema 1; es decir la tasa de crecimiento del porcentaje de mujeres ocupadas con educación media superior o más tiene una relación negativa con la tasa de participación femenina. Esto refuerza lo analizado en la Gráfica 4.

En la Gráfica 6 tenemos a la razón de momios que, de manera formal, se define como la posibilidad de que una condición se presente en un grupo de población frente al riesgo de que ocurra en otro (Domínguez-Lara, 2018). Su cálculo es sencillo y para nuestro caso partimos de la siguiente matriz:

Cuadro 1.

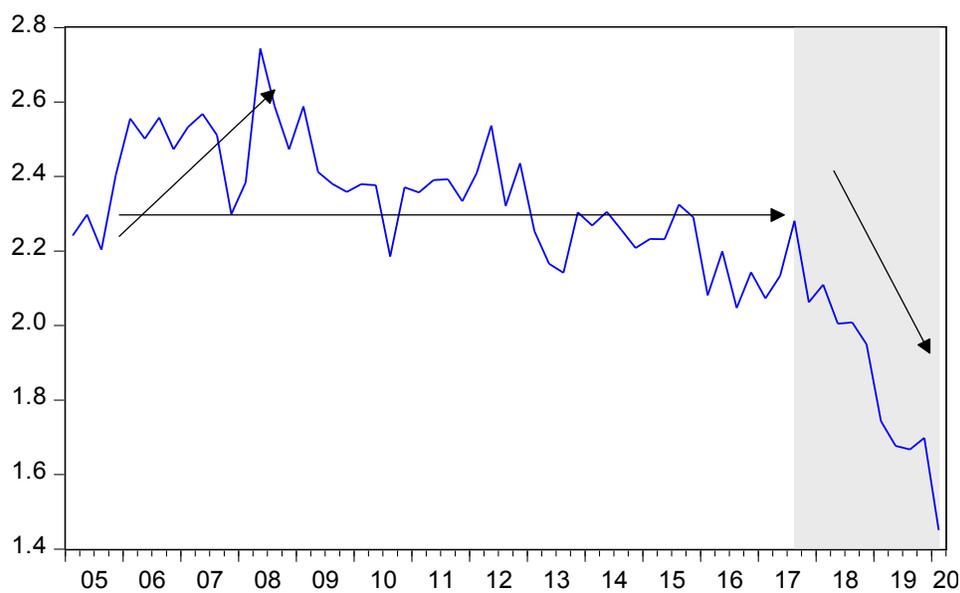
	A lo más dos salarios mínimos	Más de dos salarios mínimos
Mujeres	<i>a</i>	<i>b</i>
Hombres	<i>c</i>	<i>d</i>

La razón de momios es igual al momio de las mujeres de tener un ingreso de hasta dos salarios mínimos entre el momio del hombre de ganar hasta dos salarios mínimos

$$RM = \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} = \frac{a*d}{b*c}$$

Debido a que este cálculo muestra el riesgo de tener un bajo salario por el hecho de ser mujer con relación a ser hombre, apreciamos en la Gráfica 6 que las mujeres han tenido de forma sistemática, un mayor riesgo de tener un ingreso bajo (hasta de 2,6 veces) y que sólo a partir de la precarización laboral masculina, la brecha de proporciones se ha reducido. En ese sentido es lógico pensar que existen pocos incentivos para que las mujeres se incorporen al mercado laboral.

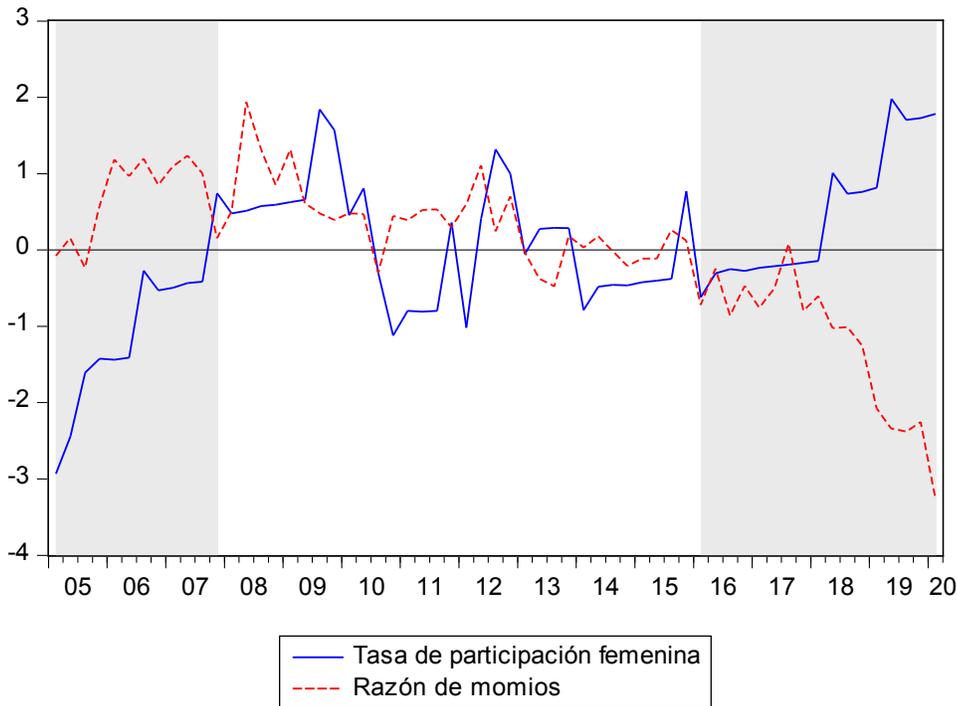
Gráfica 6. México: razón de momios de tener un ingreso bajo sólo por el hecho de ser mujer en áreas urbanas. 2005Q1-2020Q1



Fuente: Elaboración propia con datos de la ENOE (2021).

Realizamos el análisis sólo para las áreas urbanas, ya que es donde existen los retornos más altos de la educación. Además, en la gráfica anterior apreciamos que la razón de momios ha tenido movimientos estables a lo largo de la muestra y con una caída pronunciada en los últimos cuatro años que coinciden con el incremento en la tasa de participación femenina.

Gráfica 7. México: razón de momios por tener un ingreso bajo, sólo por el hecho de ser mujer en áreas urbanas y tasa de participación femenina, datos normalizados. 2005Q1-2020Q1



Nota: datos normalizados por $x_{nt} = \frac{x_t - \mu_x}{\sigma_x^2}$

Fuente: elaboración propia con datos de la ENOE (2021).

un modelo de corrección de error que presentamos en el siguiente apartado.

En la Gráfica 7 vemos una asociación negativa entre la razón de momios y la tasa de participación laboral femenina, tal como se aprecia en la parte derecha del Esquema 1.

Es decir, si el riesgo de percibir un bajo salario sólo por el hecho de ser mujer es alto, las mujeres disminuirán su oferta laboral; por el contrario, si perciben un menor riesgo de tener un bajo salario sólo por ser mujeres, éstas incrementarán su oferta laboral.

En virtud de que las variables son no estacionarias² es importante hacer el análisis econométrico a partir de

2. Las pruebas de raíz unitaria se pueden consultar en el anexo.

3. ASPECTOS ECONOMETRÍCOS

El VEC general sin restricción de Johansen (1988) en forma reducida se expresa como:

$$(1) \quad \Delta y_t = \alpha \beta' y_{t-1} + \sum_{i=1}^{t-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + Bx_t + \varepsilon_t$$

Donde y_t es un vector de variables endógenas (que hemos definido previamente como el conjunto de información, Y), α es el mecanismo de corrección de error y sobre el que también se prueba exogeneidad débil, β es el número de relaciones (vectores) de cointegración, Γ_i es la matriz de coeficientes del VAR de corto plazo en primeras diferencias Bx_t se refiere al conjunto de variables exógenas, y ε_t es un vector de innovaciones de comportamiento Gaussiano. El conjunto de información que ocupamos es $Y = \{TPM_t, RM_MU_t, MUJ_S_t\}$. Donde TPM es la tasa de participación de las mujeres, RM_MU es la razón de momios de tener un bajo salario por el hecho de ser mujer y MUJ_S es la tasa de participación de mujeres con educación media superior y más.

En la ecuación 2 estimamos el modelo VEC (2):

$$(2) \quad \begin{aligned} TPM_t &= 51.3 - 1.92RM_MU_t - 0.12MUJ_S_t + \varepsilon_t \\ a_{tpm} &= -0.26 \\ t &= -2.22 \end{aligned}$$

El modelo está correctamente especificado. Para no obviar la significancia estadística de la constante decidimos ocupar una identificación global, la cual no puede ser rechazada y muestra los signos esperados según la teoría. Los resultados de la estimación verifican que a mayor riesgo de obtención de bajos salarios y con un mayor logro educativo, educación superior, se reduce su tasa de participación.

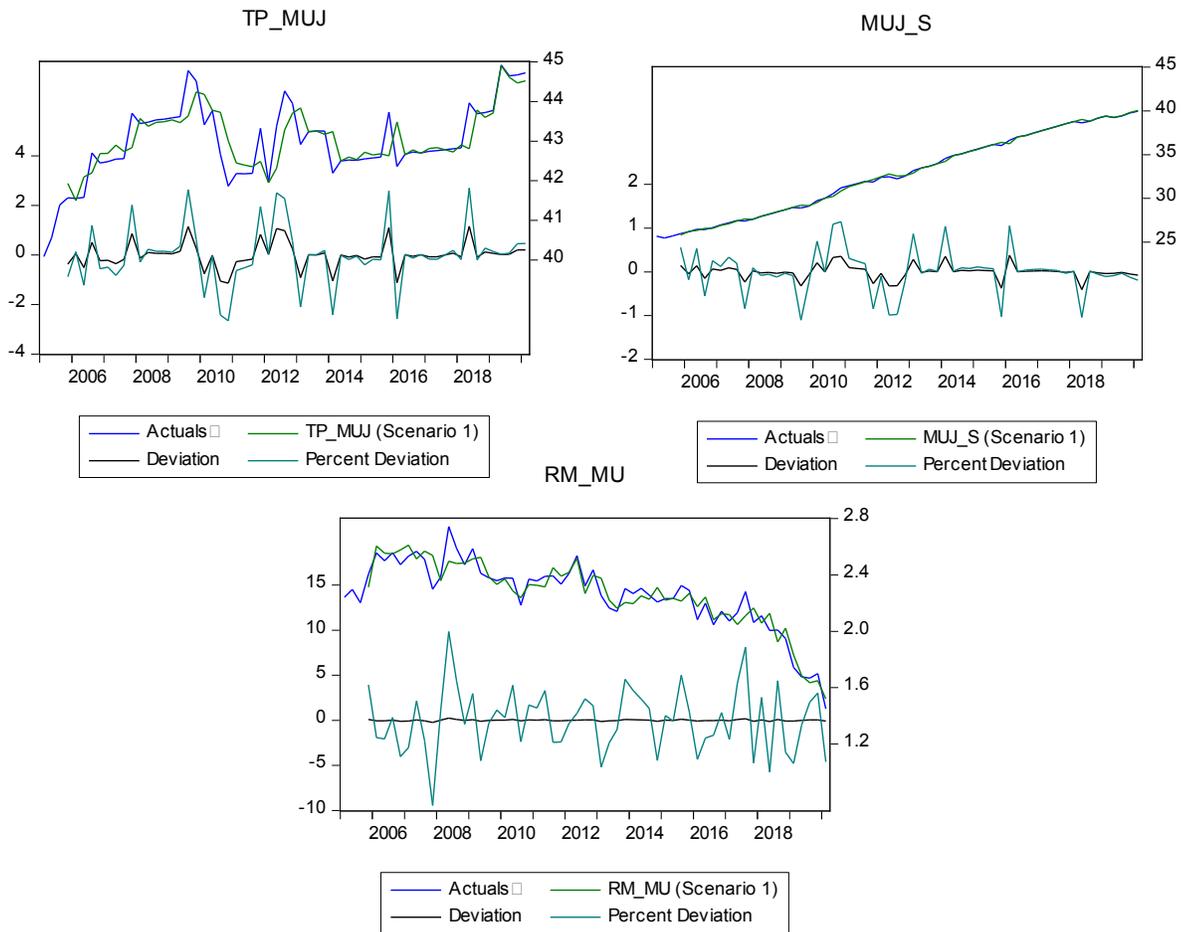
Además corrobora el hecho de que el ensanchamiento de la brecha salarial por género es la variable determinante en términos de una reacción racional y factor principal

del desaliento laboral femenino y que podría explicar la baja tasa de participación femenina, más allá, de otros aspectos como: la precarización del mercado laboral o el logro educativo debido a la reacción racional de las mujeres ante este entorno hostil.

Además, desde nuestra óptica, la mejora en la educación en las mujeres las hace más racionales en comparación con el mismo sector que posee un menor nivel educativo, lo cual implica que al aumentar la brecha salarial, las hace más propensas a tener menos incentivos para ofrecer más horas de trabajo; de esta forma, el sector con mayor cualificaciones son más factibles en ser desalentadas laboralmente por las condiciones de desigualdad salarial que el sector de las menos cualificadas, es por ello, que este último sector es más elástico respecto de los cambios del ciclo de negocios que el sector femenino con mayor años de estudio, tal como lo documentaron el BID (2004) y la OIT (2019).

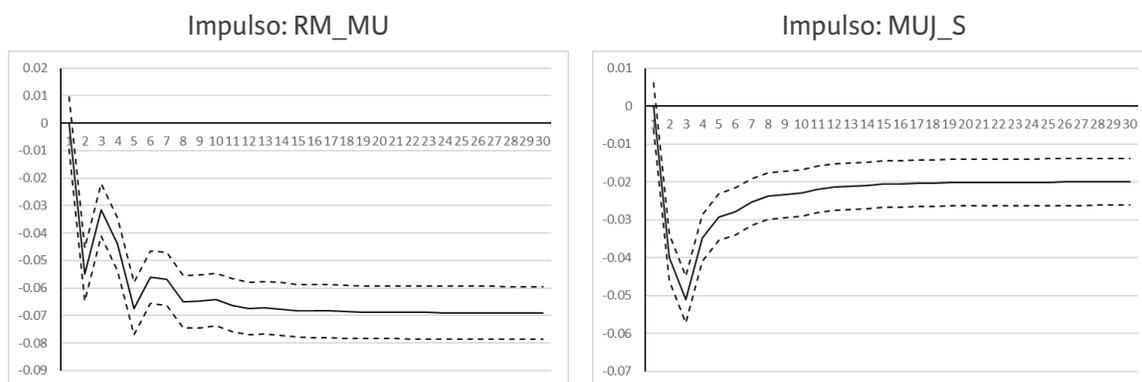
La Gráfica 8 muestra la simulación histórica. En las gráficas 9 y 10 corroboramos el impacto negativo de largo plazo medido por el impulso respuesta negativo (por Cholesky) que tiene la tasa de participación femenina frente a la razón de momios y las mujeres con educación superior incorporadas al mercado laboral que como hemos indicado es un resultado esperado desde el punto de vista del enfoque teórico que presentamos y particularmente desde la elección racional.

Gráfica 8. Simulación histórica del conjunto de información



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 9. Respuesta de la tasa de participación femenina



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 2 vemos que el principal factor de explicación de la tasa de participación femenina es el logro educativo femenino, mujeres con educación superior.

Cuadro 2. Descomposición de la Varianza de la Tasa de Participación Femenina

Periodo	TP_MUJ	RM_MU	MUJ_S
1	1.36	0.43	98.21
2	0.93	1.87	97.19
3	0.87	2.10	97.04
4	0.75	2.52	96.73
5	0.69	3.45	95.86
6	0.66	3.99	95.35
7	0.62	4.49	94.89
8	0.59	5.12	94.29
9	0.57	5.69	93.74
10	0.55	6.22	93.23
15	0.48	8.67	90.84
20	0.44	10.66	88.91
30	0.37	13.56	86.07

CONCLUSIONES

Al inicio de este artículo nos propusimos analizar la veracidad de la hipótesis del trabajador desalentado, debido a la discriminación por brecha salarial como principal factor de reducción de la oferta laboral femenina, y con ello explicar por qué ésta ha sido tan baja y con movimientos erráticos alrededor del tiempo. Para ello ocupamos un enfoque clásico con presencia de discriminación salarial. De manera racional, las mujeres ante la percepción de una mayor discriminación salarial por género disminuyen su oferta laboral.

Para tener una visión global y temporal del desaliento laboral por el ensanchamiento de la brecha salarial, estimamos la razón de momios que calcula el riesgo de tener un bajo salario sólo por el hecho de ser mujer. Los cálculos mostraron que era muy alto y aunque ha reducido sigue siendo alto. Es importante señalar que este es una propuesta de medición novedosa, ya que tradicionalmente se ocupa el cálculo individual de la brecha salarial de género propuesto por Oaxaca y Blinder. Con este enfoque hemos logrado salvar las limitaciones de la ausencia la información necesaria para el cálculo de esta metodología a nivel nacional durante varios años.

Por último, es importante considerar que el perfil educativo elegido por las mujeres, con profesiones más cercanas a las humanidades y a los cuidados, sea responsable de las bajas remuneraciones debido a que no son las profesiones que más productividad incorporan y, por ende, tampoco son las que reciben las remuneraciones más altas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Interamericano de Desarrollo (2004). Se buscan buenos empleos: los mercados laborales en América Latina. Informe de progreso económico y social 2004. Estados Unidos, Washington, D. C.: BID.

Blinder, A. (1973). Wage discrimination: Reduced forms and structural estimates. *Journal of Human Resources*, 8(4), 436-455. Texas, Estados Unidos: The University of Texas at Austin.

Domínguez-Lara, S. A. (2018). El odds ratio y su interpretación como magnitud del efecto en investigación. *Educación médica*, 19(1), 65-66. Recuperado de: <https://medes.com/publication/135454>

Ehrenber, R. y Smith, R. (2012). *Modern Labor Economics: Theory and Public Policy*, Eleventh edition. Estados Unidos: Prentice Hall.

ENOE (2021). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad*. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/> (Consultado: 9 mayo 2023)

Fuentes, J., Palma, A. y Montero, R. (2005). Discriminación salarial por género en Chile, una mirada. *Estudios de economía*, 32(2), 133. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/221/22132201.pdf>

Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.

Lago P., I. (2002). La discriminación salarial por razones de género: un análisis empírico del sector privado en España. *Reis*, 171-196. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/997/99717918009.pdf>

Martínez S., G. y Morones C., A. (2021). Análisis y cuantificación de la discriminación salarial por género en el sector turístico de México. *Revista de Economía, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán*, 38(97), 88-112. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2395-87152021000200088

Martínez J. I., Acevedo F., G. (2004). La brecha salarial en México con enfoque de género: capital humano, discriminación y selección muestral. *Ciencia UANL*, 7(1). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/402/40270112.pdf>

Mas-Colell, A.; Whinston, M. D. y Green, J. R. (2006). *Microeconomic Theory*. Nueva York, Estados Unidos: Oxford University Press.

Mincer, J. (1974). *Schooling, Experience and Earnings*. Nueva York, Estados Unidos: National Bureau of Economic Research.

Oaxaca, R. (1973). Male-female wage differentials in urban labor markets. *International Economic Review*, 14(3), 693-709.

OIT, PNUD (mayo 2019). El mercado laboral femenino en América Latina: análisis de sus características por estrato social y desafíos en materia de política pública. Nueva York, Estados Unidos: Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Recuperado de: <https://www.undp.org/es/latin-america/publications/el-mercado-laboral-en-am%C3%A9rica-latina-an%C3%A1lisis-de-sus-caracter%C3%ADsticas-por-estratos-sociales-y-desaf%C3%ADos-de-pol%C3%A9tica-p%C3%BAblica>

Rodríguez P., R. y Limas H., M. (2017). El análisis de las diferencias salariales y discriminación por género por áreas profesionales en México, abordado desde un enfoque regional. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 27(49), 121-150. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So188-45572017000100121

Sánchez C., P.; Urigen A., P. y Vega J., F. (2021). Discriminación y desigualdad salarial: exploración de brechas por género en Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8(1), 48-55. <https://doi.org/10.26423/rctu.v8i1.544>

ANEXO

Cuadro 1A. Pruebas de raíz unitaria

			MUJ_S	TP	RM
ADF	Nivel	Tendencia e Intercepto	-2.698 (0.241)	-3.432 (0.057)	-2.941 (0.158)
		Intercepto	0.09 (0.962)	-3.277 (0.020)	0.335 (0.978)
		Nada	9.187 (1.000)	1.084 (0.926)	-1.063 (0.257)
	Primera Diferencia	Tendencia e Intercepto	-6.667 (0.000)	-9.766 (0.000)	-10.333 (0.000)
		Intercepto	-7.819 (0.000)	-9.833 (0.000)	-9.937 (0.000)
		Nada	-1.344 (0.164)	-9.742 (0.000)	-9.864 (0.000)
PP	Nivel	Tendencia e Intercepto	-2.802 (0.202)	-3.359 (0.067)	-2.685 (0.246)
		Intercepto	0.09 (0.962)	-3.182 (0.026)	0.002 (0.955)
		Nada	8.999 (1.000)	1.182 (0.938)	-1.084 (0.249)
	Primera Diferencia	Tendencia e Intercepto	-7.738 (0.000)	-9.766 (0.000)	-12.97 (0.000)
		Intercepto	-7.818 (0.000)	-9.833 (0.000)	-10.396 (0.000)
		Nada	-3.695 (0.000)	-9.806 (0.000)	-10.096 (0.000)

Cuadro 2A. Pruebas de cointegración

Traza				
No. of CE(s)	Eigenvalor	Estadístico	Valor Crítico	Prob
Ninguno *	0.358	29.905	29.797	0.048
A lo más 1	0.043	4.138	15.494	0.892
Máximo Eigenvalor				
No. of CE(s)	Eigenvalor	Estadístico	Valor Crítico	Prob
Ninguno *	0.358	25.767	21.131	0.010
A lo más 1	0.043	2.556	14.264	0.971

ECONOMÍA CIRCULAR: METODOLOGÍA PARA EVALUAR SU IMPLEMENTACIÓN EN PYMES

CIRCULAR ECONOMY: METHODOLOGY FOR ASSESSING ITS IMPLEMENTATION IN PYMES

Juan Bautista Abello-Romero*

Camilo Céspedes Palmieri**

Camila Díaz Díaz***

RESUMEN

Dada la importancia que tiene la Economía Circular para lograr una mayor sostenibilidad en las empresas, existe la necesidad de evaluar y comparar las estrategias a nivel de procesos. Además, como gran parte de las iniciativas para su implementación están fuera de alcance para las pequeñas y medianas empresas, surge el interés en diseñar una propuesta metodológica que permita evaluar la implementación de la Economía Circular en pymes.

La metodología PymeCircular es una herramienta útil para determinar la viabilidad de diversas estrategias circulares a nivel operativo, a través de un modelo de toma de decisiones multicriterio (MCDM). La determinación de criterios e indicadores, desde el punto de vista de la sostenibilidad, permitió cuantificar los elementos que influyen en la evaluación de estrategias, ayudando así a los dueños a visualizar la factibilidad de alternativas que apoyarán la toma de decisiones.

Palabras claves: economía circular, sostenibilidad, sustentabilidad, metodología, pymes, MCDM

ABSTRACT

Because of the importance of the Circular Economy to achieve greater sustainability in companies, it is necessary to evaluate and compare strategies at process level. In addition, as most of the initiatives for its implementation are out of reach of small and medium enterprises, there is an interest in designing a methodological proposal to evaluate the implementation of the Circular Economy in SMEs. The PymeCircular methodology is a useful tool to determine the viability of various circular strategies at the operational level through a multi-criteria decision making model (MCDM). The determination of criteria and indicators from a sustainability point of view made it possible to quantify the elements that influence the evaluation of strategies, helping owners to visualize the feasibility of alternatives that will support decision making.

Key words: circular economy, sustainability, methodology, SMEs, MCDM

Códigos JEL: F20, E61, O54

Fecha de recepción: 16 de mayo 2023

Fecha de aceptación: 7 de junio 2023

* Doctor en Ciencias de la Administración, Universidad de Santiago de Chile. Filiación Institucional: Departamento de Contabilidad y auditoría, Facultad de administración y economía de la Universidad de Santiago de Chile. <https://orcid.org/0000-0003-3064-3456> Correo electrónico: juan.abello@usach.cl

** Contador Público y Auditor, Universidad de Santiago de Chile. Filiación Institucional: Investigador Independiente. <https://orcid.org/0009-0008-1307-1744> Correo electrónico: camilo.cesped@usach.cl

*** Contador Público y Auditor, Universidad de Santiago de Chile. Filiación Institucional: Investigador Independiente. <https://orcid.org/0009-0005-5216-540X> Correo electrónico: camila.diaz.di@usach.cl



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Economía Circular es un concepto que cada vez toma más relevancia en la fabricación y/o generación de productos y servicios. Esto empieza a verse reflejado en la normativa legal chilena. Un ejemplo de esto es la Ley 20.920 o Ley REP (Responsabilidad Extendida del Productor), promulgada en 2016 por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y que establece el marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje.

Tanto el reciclaje como el cuidado ambiental, en un marco económico, empiezan a cambiar las formas de trabajo en las empresas de gran tamaño; sin embargo, estas iniciativas dejan a la deriva a las pequeñas y medianas empresas. Por lo que, la integración de estrategias sostenibles en estas, por ahora, dependen exclusivamente de sus dueños y de la importancia que ellos les otorgan. Es por esta razón que surge la necesidad de crear herramientas para que fomenten estrategias circulares en pequeñas y medianas empresas.

Las estrategias sostenibles dan lugar a una reducción sustancial de la carga medioambiental, donde se invierte en mejorar la eficiencia del consumo y se minimizan los residuos generados tanto en la cadena de suministro como en el diseño del producto. Además, se consideran los impactos sociales y se evalúa la dimensión económica, a través del crecimiento del negocio y la mayor productividad. La implementación de estas prácticas también requiere la evaluación de factores externos, como la política pública y las condiciones del mercado, ya que pueden ser insuficientemente desarrolladas, encontrando dificultades en adquirir insumos ecológicos o una demanda indispuesta a adaptar sus preferencias.

Bajo este contexto, el presente artículo tiene por objetivo desarrollar una metodología pertinente a las pequeñas y medianas empresas tomando como referencia los aspectos teóricos desarrollados sobre la ecología industrial y la economía del rendimiento,

como también las experiencias obtenidas a partir de los resultados de las entrevistas a pymes que poseen prácticas sustentables y/o sostenibles.

De esta forma, el orden de los contenidos de este texto comienza con los enfoques teóricos que dan sustento a la Economía Circular, como sus distintas perspectivas, herramientas y su aplicación en pymes. Acto seguido, se presentan los materiales y métodos de la investigación, para dar paso a los resultados alcanzados y, finalmente, exponer las conclusiones respectivas.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Los enfoques teóricos que se presentan a continuación permiten comprender las distintas aristas que tiene un modelo de metodología para evaluar la aplicación de la economía circular en pymes. Para efecto de un análisis más específico se confrontan los enfoques teóricos en la Tabla 1: capitalismo natural, ecología industrial, economía del rendimiento y diseño regenerativo, considerando las categorías que son relevantes en el análisis de la implementación de la economía circular en una pyme. Es así como la ecoeficiencia y uso de recursos, el ecodiseño, las energías renovables no convencionales, la sustitución de materiales, reciclaje, reutilización y residuo cero son categorías deseables en la implementación de la economía circular.

Tabla 1. Comparativa de perspectivas

Categoría	Capitalismo Natural (Hawken, P. et al., 2000)	Ecología Industrial (Erkman, S., 2001)	Economía del Rendimiento (Stahel, W., 1976)	Diseño Regenerativo (Lyle, J., 1970)
Ecoeficiencia y uso de recursos	Aumento de productividad en el uso de recursos.	Promueve ecoeficiencia, disminuyendo <i>input</i> de materia prima.	Reduce el flujo de material requerido para crear y mantener inventario.	Su foco principal no radica en la ecoeficiencia.
Ecodiseño	No promueve el ecodiseño.	Está contemplada dentro de su modelo.	Considera el ecodiseño para prevenir residuos.	No promueve el ecodiseño.
Energías renovables no convencionales	Promueve el uso de recursos naturales.	Considera la descarbonización como un desafío de utilización de energías renovables no convencionales.	No promueve el uso de energías renovables no convencionales.	Considera en la regeneración las fuentes de energía utilizados.
Sustitución de materiales	No promueve la sustitución de materiales.	Considera la sustitución de materiales a través de procesos ambientales o industriales.	No promueve la sustitución de materiales, pero sí considera la recuperación de materiales.	Considera la sustitución de materiales a través de la regeneración y renovación de materiales utilizados.
Reciclaje	Promueve el reciclaje en la adopción de modelos de producción de ciclo cerrado.	Considera el reciclaje en su modelo teórico.	Considera el reciclaje en el pilar de Producción de Recursos.	Considera el reciclaje dentro de sus principios.
Reutilización	Está contemplada dentro de las prácticas de aumento en la productividad.	Promueve la reutilización dentro del flujo cíclico de materiales.	La reutilización es un componente clave para mantener la calidad del inventario.	Se contempla dentro de sus principios.
Residuo cero	Contempla la eliminación de residuo en la práctica de modelos de producción de ciclo cerrado.	Promueve modelos de negocios asociados con el residuo cero.	Promueve la prevención de los residuos en todas las etapas del ciclo de un producto.	Promueve el concepto dentro de sus principios.

Fuente: elaboración propia basado en Lovins et al., 2006; Belda, 2018; (Jelinski et al., 1992); Stahel (2016); Carrillo (2009), Erkman (2001), Stahel y Clift (2016), Hart et al., (2005); Stahel (2010); Cole (2012); Cortés (2020); Kadar y Kadar, 2020 y Lares y Henríquez, 2021.

De acuerdo con el análisis anterior, la perspectiva de la ecología industrial cumple con la totalidad de las categorías establecidas y, como explica Erkman (2001), el principal desafío es reorganizar el sistema industrial en profundidad, para ayudar al sistema a evolucionar hacia un modo de operación sostenible a largo plazo compatible con la biosfera. En términos concretos, se deben enfrentar cuatro desafíos: desmaterialización, descarbonización, valorización y la concentración.

2.1. Estrategias circulares

Luego de exponer diferentes enfoques, paradigmas y perspectivas circulares, se abordarán estrategias para la transición desde la estructura lineal de producción hacia la Economía Circular, lo que implica considerar diferentes estrategias para ayudar a las empresas a ser sostenibles. Considerando la importancia y ventajas que posee para una organización que adquiera estrategias circulares y, de acuerdo con Alarcón et al. (2020), estos son los cursos de acción relacionados con estrategias de producción:

- **Diseño:** considera características de larga duración, junto con el uso de materiales reutilizables.
- **Fabricación:** contempla la eficiencia en uso de materias primas y energía, refabricación, reacondicionamiento, reciclaje, etc.
- **Mantenimiento:** considera reparación y reutilización.
- **Logística:** contempla procesos de logística inversa y decisión de disposición.

Bajo la referencia de los autores Ormazabal et al. (2020) se consideran los siguientes cursos de acción:

- **Tomar:** considera tomar recursos como la energía y materias primas del medio ambiente.
- **Transformar:** considera la transformación en productos y servicios.
- **Distribuir:** considera distribuir los productos a los clientes, ya sean empresas o personas naturales, de forma directa o a través de un servicio logístico externo.
- **Utilizar:** considera el uso del producto o servicio en el mercado.
- **Recuperar:** considera recuperar energía y/o materiales valiosos de los residuos o bienes usados, a través del procesamiento industrial o del medio ambiente, como alternativa a la eliminación.
- **Simbiosis industrial:** los diferentes actores industriales pueden integrarse en una relación simbiótica considerando sus flujos de recursos residuales, lo que implica el intercambio físico de materiales, energía, agua y subproductos.

Estos corresponden además a componentes de la cadena de suministro de circuito cerrado, cuyas funciones anteriormente nombradas contribuyen a transformar el flujo de suministro de las pymes de un modelo lineal a uno circular (Kumar et al., 2022), Tal como mencionan Sudhakar et al. (2022), una Economía Circular es un cambio de paradigma en la creación de un ecosistema de circuito cerrado para el consumo adecuado y la utilización de los recursos.

Cabe destacar que, según los autores Geissdoerfer et al. (2018), la incorporación de un sistema de flujos circulares no es intrínsecamente más sostenible, debido a que las prácticas de Economía Circular en gran parte se pueden centrar en el cuidado del medio ambiente y no siempre en los otros dos aspectos de la sostenibilidad: lo económico y lo social.

2.2. Economía Circular en pymes

Dichas estrategias en pymes que adoptan Economía Circular presentan varios beneficios y oportunidades, como es la reputación y distinción de la marca, la reducción de costos, el crecimiento del negocio, la mayor productividad, la recuperación del medio ambiente a través de la reducción de emisiones de CO₂, lo que genera una mayor sostenibilidad (Kumar et al., 2022).

Por otra parte, Malesios et al. (2020) se refieren a que, debido a la intensa competencia y la falta de apoyo de las autoridades reguladoras y los clientes, las pymes suelen priorizar la rentabilidad sobre los compromisos ambientales y sociales.

Además se señala que la implementación exitosa de la Economía Circular depende de varios factores organizativos externos e internos. Los factores externos incluyen la política pública, las condiciones del mercado, el desarrollo tecnológico y las acciones de las partes interesadas, mientras que los factores internos son los recursos, capacidades y competencias de la empresa (Prieto-Sandoval et al., 2018).

2.3. Obstáculos para implementar Economía Circular

Sin embargo, existen diversos obstáculos para adoptar medidas medioambientales dentro de las pymes; por ejemplo, la falta de tecnología adecuada, los recursos técnicos y financieros propios, el apoyo de las instituciones públicas, el interés de los consumidores en el medio ambiente y profesionales cualificados en materia de gestión medioambiental. Además de la ausencia de compromiso de la alta dirección, en conjunto, produce una adopción más lenta de la Economía Circular hacia este tipo de organizaciones (Kumar et al., 2022).

Según la investigación de estudios de casos de pymes de GreenEcoNet, realizada por Rizos et al. (2016), más de la mitad de las estudiadas mencionan que la principal barrera en la transición hacia una Economía Circular es la falta de apoyo en la red de oferta y demanda. Por el lado de la oferta, las pymes necesitan apoyo de insumos ecológicos que, en la mayoría de los casos, están ausentes en los mercados o insuficientemente desarrollados en la cadena de suministro. Mientras que, por el lado de la demanda, remarcaron la necesidad de proporcionar cifras precisas y pruebas de los beneficios relacionados con productos y servicios ecológicos, como también la necesidad de convencer a los clientes de que la Economía Circular es el camino que se debe seguir, y de corregir la errónea percepción de que los productos o servicios ecológicos son de menor calidad que los tradicionales.

2.4. Metodologías de evaluación de Economía Circular

En esta sección se abordaron diferentes metodologías para evaluar la Economía Circular, considerando modelos y herramientas para determinar impactos en los ámbitos de la sostenibilidad y las distintas alternativas y/o cursos de acción para su implementación.

2.4.1. Evaluación del Ciclo de Vida (LCA)

Tal como es descrita por los autores Sassanelli et al. (2019), la metodología más común es la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA, por su sigla en inglés: *Life Cycle Assessment*). Esta metodología, que se puede aplicar a pymes, propone indicadores cuantitativos de Economía Circular basados en el Análisis de Flujo de Materiales, Contabilidad de Costos del Flujo de Materiales y Evaluación del Ciclo de Vida, con el objetivo de evaluar el desempeño de la Economía Circular en las empresas.

Esta metodología consiste en evaluar el impacto económico, ambiental o social de un producto o proyecto determinado durante todo su ciclo de vida, abarcando tres métodos de evaluación principales (Hamdar et al., 2016): Análisis del Costo del Ciclo de Vida (LCCA), Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) y Evaluación del Ciclo de Vida Social.

2.4.2. Enfoque multicriterio y lógica difusa (MCDM)

Por otra parte, se tiene el enfoque multicriterio y lógica difusa (MCDM, por su sigla en inglés: *Multi Criteria Decision Method*). Esta metodología es aplicable a pymes. Además diversos autores la adoptaron para la evaluación un marco de toma de decisiones que combina el análisis multicriterio y el modelado de procesos para evaluar el desempeño de la Economía Circular de sistemas seleccionados (Ng y Martínez Hernández, 2016). Este método fue introducido por Bellman y Zadeh en 1970, quienes fueron los primeros en estudiar este problema. Otros autores utilizaron un enfoque multicriterio difuso para evaluar el rendimiento de la cadena de suministro, pudiendo fortalecer la comprensión y razonabilidad del proceso de toma de decisiones (Shen et al., 2013). Al respecto Zimon et al. (2019) mencionan que las empresas pueden desarrollar modelos de varios niveles para crear asociaciones con proveedores en sus cadenas de suministro y también mejorar la ecoeficiencia.

2.4.3. Data Envelopment Analysis (DEA) y el modelo híbrido con Balance Score Card

Otros autores aplicaron modelos basados en *Input-Output*, como el llamado DEA. Este modelo, denominado Análisis Envoltante de Datos, es un enfoque aplicable a todo tipo de empresas, que está *orientado a datos* para evaluar el rendimiento de un conjunto de entidades pares denominadas Unidades de Toma de Decisiones (DMU), que convierten múltiples entradas en múltiples salidas (Cooper et al., 2011). Estos autores indican que el modelo DEA presenta gran variedad de aplicaciones en diferentes tipos de entidades involucradas en variadas actividades de muchos contextos, en diferentes países.

Este modelo está orientado a los datos para evaluar la eficacia relativa de un conjunto de entidades comparables. Algunos combinaron este enfoque DEA junto con el Input-Output y el MFA (sigla en inglés para: *Material Flow Analysis*), para proponer un enfoque que evalúe la ecoeficiencia (Sassanelli et al., 2019). También los autores Motevali Haghghi et al. (2016) construyeron un marco híbrido de Balance Score Card y DEA para evaluar el desempeño en cadenas de suministro sostenibles, considerando indicadores de sostenibilidad, aplicando el enfoque de BSC para clasificar dichos indicadores en cuatro perspectivas, para luego identificar las entradas y las salidas deseables e indeseables.

Referente a los mismos autores, los indicadores según cada uno de los aspectos sostenibles son los siguientes:

- Aspecto Económico: el rendimiento financiero, la capacidad de respuesta, la flexibilidad, la confiabilidad y la calidad.
- Aspecto Ambiental: el consumo de recursos, el cambio climático, los materiales peligrosos y la contaminación.
- Aspecto Social: la salud, la seguridad, los criterios laborales, la riqueza y las condiciones de trabajo.

2.4.4. Metodología para la toma de decisiones sobre la Sostenibilidad y la Decisión de Disposición de la Economía Circular (M-SCE-DD)

A continuación se referirá a la metodología propuesta por los autores Alarcón et al. (2020), denominada M-SCE-DD (por su sigla en inglés: *Methodology for Sustainable and CE Disposition Decision-Making*), que sí es aplicable a pymes. La decisión de disposición es un concepto tratado que consiste en decidir cómo tratar un producto recuperado. La propuesta consiste en comparar cuantitativamente la alternativa de disposición más sostenible considerando el impacto medioambiental, permitiendo conocer cómo aumenta o disminuye la rentabilidad económica y considerando en ello su impacto social, con el objetivo de decidir y evaluar políticas de Economía Circular. Esto se realiza a través de un modelo matemático basado en la programación lineal, cuyas variables de decisión representan un conjunto cerrado de posibles alternativas de disposición.

2.4.5. Guía para diagnosticar y planificar la implementación de la Economía Circular

La siguiente metodología de evaluación de Economía Circular se consideró la desarrollada por Ormazábal et al. (2020), denominada: Guía para diagnosticar y planificar la implementación de la Economía Circular. Esta metodología es aplicable a pymes y considera a los Campos de Acción como ejes centrales. Consiste en tres pasos:

1. Diagnóstico de la situación de la empresa: esta etapa tiene como objetivo comprender el estado inicial de la empresa según los ámbitos de la Economía Circular, sus procesos, su relación con las partes interesadas, además de las oportunidades y limitantes que intervienen en su actividad.
2. Análisis de las oportunidades derivadas de la aplicación de la Economía Circular: esta etapa considera un análisis del contexto de la empresa, una evaluación de la ventaja competitiva y de pro-

puesta de valor, identifica las actividades clave, entre otras que permitirán facilitar el análisis de oportunidades.

3. Plan de implementación de Economía Circular: este último paso comprende diferentes tareas definidas, las que incluyen proposiciones de acciones y estrategias para cada etapa de la EC a partir de las oportunidades previas, la elección de aspectos por mejorar, selección de responsables por área y propuestas de integración de agentes para facilitar la simbiosis industrial con universidades, centros de investigación o empresas vecinas, promoviendo así la integración de la Economía Circular.

2.4.6. Método Dmaic (evaluación RSU en tiendas minoristas)

Para finalizar, el sector minorista ha construido su gestión de residuos sobre la base de un sistema económico lineal, mientras que un sistema circular es más sostenible y produce cantidades significativas de RSU (Residuos Sólidos Urbanos) en un espacio limitado y relativamente pequeño. La metodología Dmaic permite optimizar la gestión de residuos y evaluar el rendimiento de tiendas minoristas y así identificar procesos sostenibles y circulares. Adicionalmente se utiliza la herramienta Huella de Carbono para estimar el impacto medioambiental en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. Dicha metodología consta de cinco fases (Marrucci et al., 2020):

1. Definir: identificar el objetivo.
2. Medir: recoger datos.
3. Analizar: identificar problemas críticos.
4. Mejorar: nueva estrategia/propuesta.
5. Controlar: segunda sesión de medición para evaluar los beneficios de la propuesta.

La Tabla 2 presenta un análisis a través de la realización de un cuadro sinóptico, en el que se identificaron aquellos aspectos que más se adecuaron a la propuesta metodológica.

Tabla 2. Comparación de Metodologías

Categoría	LCA (ISO 14040, 1997)	MCDM (Bellman y Zadeh, 1970)	DEA (Charnes et al., 1978)	M-SCE-DD (Alarcón et al., 2020)	Guía de EC (Ormazábal et al., 2020)	Método DMAIC (Marrucci et al., 2020)
Aplicable a pymes	Sí es aplicable.	Sí es aplicable.	Sí es aplicable.	Sí es aplicable.	Sí es aplicable.	Sí es aplicable.
Evalúa indicadores medioambientales	Sí los evalúa, a través de uno de sus métodos (LCA).	No los evalúa.	Sí los evalúa, a través del aspecto ambiental del modelo híbrido con BSC.	Sí los evalúa, a través de indicadores ambientales.	No los evalúa.	Sí los evalúa. Mide el impacto en términos de CO ₂ -eq.
Análisis Costo-Beneficio	Sí lo aplica, a través del análisis del costo del ciclo de vida.	No lo aplica, pero el análisis costo-beneficio se puede utilizar junto a este método.	Sí lo puede aplicar, a través de la modificación o derivación hacia un modelo Costo Beneficio.	No lo aplica.	No lo aplica.	Sí lo aplica, en la fase cinco, denominada <i>Controlar</i> , donde se evalúa por segunda vez para obtener los beneficios de la propuesta versus los costos asociados.
Análisis de Gestión de Residuos	Sí lo contempla, especificada en la ISO 14040.	Sí lo contempla, pero en el análisis de criterios en la selección de proveedores ecológicos.	No considera la gestión de residuos.	Sí lo contempla, en la fase 1.1., utilizando diversas alternativas de eliminación.	Sí lo contempla, dentro del paso n.º 2, en el ámbito de recuperación.	Sí lo contempla, en la primera fase, cuando se separa la cantidad de residuos indiferenciados (UW) y residuos separados (SW).
Ecodiseño de productos	No lo contempla como tal; sin embargo, en la LCCA, paso n.º 1, establece las alternativas de diseño.	Sí lo contempla, en el análisis de criterios, en la selección de proveedores ecológicos.	Sí lo contempla; sin embargo, el análisis es derivado del aspecto económico, como un indicador de inversión en diseño ecológico.	No lo aplica.	No lo aplica.	No lo aplica.
Evaluación cadena de suministro ecológica	Sí lo contempla, a través de la evaluación del costo del ciclo de vida	Sí lo contempla, a través de la evaluación de su rendimiento.	Sí lo contempla, a través del modelo híbrido con BSC, evalúa su desempeño.	Sí lo contempla, ya que al determinar la disposición del producto mejorará la sostenibilidad de la cadena de suministro.	Sí lo contempla, a través de los seis campos de acción que fundamentan esta metodología, contribuyen a la sostenibilidad de la cadena de suministro.	No lo contempla.

Fuente: elaboración propia.

3. MATERIALES Y MÉTODO

El enfoque de esta investigación es cualitativo; es decir, considera exclusivamente este tipo de información, en el que se realizó una descripción del concepto en estudio, que en este caso son las metodologías de evaluación de la Economía Circular en pymes, para entender la importancia de su uso en la época actual para dichas empresas.

El análisis se realizará sobre la base de la teoría y la observación en pequeñas empresas que realicen prácticas sustentables y/o sostenibles. La fuente primaria de información fueron las entrevistas a los fundadores de seis empresas sustentables ubicadas en la Región Metropolitana y la Región de Magallanes, empresas con funcionamiento virtual y presencial. La fuente secundaria constó de las bases de datos bibliográficos, páginas web y memorias, de dichas pymes. Adicionalmente se obtiene una retroalimentación de tres expertos en Economía Circular, que permitió entregar mayor validez a la metodología.

Para obtener datos de fuentes de información primaria, se confeccionó una entrevista semiestructurada con preguntas enfocadas en las diferentes áreas de la Economía Circular, que fue aplicada a los dueños de las empresas sustentables elegidas. Respecto de las fuentes de información secundarias, es preciso indicar que se realizó una revisión de diversos documentos, provenientes de libros, investigaciones, artículos y tesis de forma virtual. Por último, se confeccionó un cuestionario hacia los expertos con preguntas abiertas pero enfocadas en cada etapa de la metodología diseñada.

Para el análisis de los resultados de las entrevistas se realizó una categorización y codificación de las respuestas. Adicionalmente se realizaron tipologías para realizar una comparación entre las respuestas. Para el análisis de la fuente de información secundaria se realizó un cuadro comparativo de las diferentes herramientas/metodologías de evaluación estudiadas.

4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

4.1. Análisis de entrevistas a empresas sustentables

Para dar a conocer los resultados de las entrevistas se expondrá el análisis de cada uno de los puntos claves de estas.

En primer lugar, se encuentra que cada una de las empresas realizó una evaluación de la incorporación de materiales sustentables, incluyendo estudios sobre su uso y su impacto en el medio ambiente. Mostrando una clara sintonía en la fase (3), evaluación de impacto, de la metodología de la Evaluación del Ciclo de Vida (ISO,1997).

Igualmente, la mayoría de los entrevistados informo que, tanto en sus productos como en su mobiliario, se seleccionaron materiales reciclados, en su mayoría vidrio y plástico.

Es importante destacar que más de la mitad de los entrevistados cuenta con un punto limpio donde se reciclan cartón, papel, plástico y residuos orgánicos. Mientras tanto, la otra mitad ha evaluado tenerlo, y de igual manera, reciclan y reutilizan todos los residuos que se generan a partir de sus procesos operativos. De esta forma se corrobora de forma práctica la perspectiva de Ecología Industrial propuesta por Erkman, S. (2001), que concuerda con las mencionadas actividades de gestión de residuos. Así se ha evidenciado en la empresa Ecosuper, dado que prácticamente no generan basura al gestionar el 90% de sus residuos. Lo anterior reafirma lo que menciona Belda (2018) respecto del concepto de *residuo cero* de la Ecología Industrial.

Por otro lado, respecto de las energías renovables no convencionales, ninguna de las seis empresas estudiadas implementa actualmente este tipo de energías; sin embargo, algunas de ellas han evaluado su uso y han llegado a la conclusión de no hacerlo, dado ciertos

factores que dificultarían su desarrollo. Entre estos encontramos: el bajo nivel de captación solar para el caso de paneles fotovoltaicos, alto nivel de consumo energético o el alto costo de implementación.

En cuanto a la simbiosis industrial, sólo la mitad de los entrevistados posee algún tipo de relación simbiótica, en la que dos empresas reciben productos en desuso, se envían a emprendedores que los transforman y se vuelven a vender en las tiendas.

Cabe destacar que la mayoría de las empresas incorporaron prácticas circulares en gran parte centradas en el cuidado del medio ambiente, y medianamente en lo social y económico, corroborando lo planteado por Geissdoerfer et al. (2018).

4.2. Encuesta a expertos

Para entregar mayor validez a la metodología se desarrolló un cuestionario dirigido a expertos con conocimientos acabados sobre Economía Circular, gestión ambiental y procesos productivos.

Cabe mencionar que se desarrollaron diferentes preguntas por cada una de las fases de la metodología PymeCircular, obteniendo así una perspectiva profesional más certera sobre el tema, que contribuyó a la mejora de aquellos aspectos que se apreciaban como incompletos y/o insuficientes.

De esta forma, se optó por agregar en la metodología el alcance y los límites de aplicación, puesto que en un comienzo se pretendía abarcar la mayor cantidad de aspectos sostenibles y sustentables posibles; sin embargo, esto generaría una considerable dificultad en su aplicación, dado que el alcance podría abarcar una acotada información o fases de la pyme, como una cadena de fases de gran tamaño, que no necesariamente se utilizan o corresponden a una pequeña empresa. Junto con esto, se propuso en la fase 1 desarrollar aún

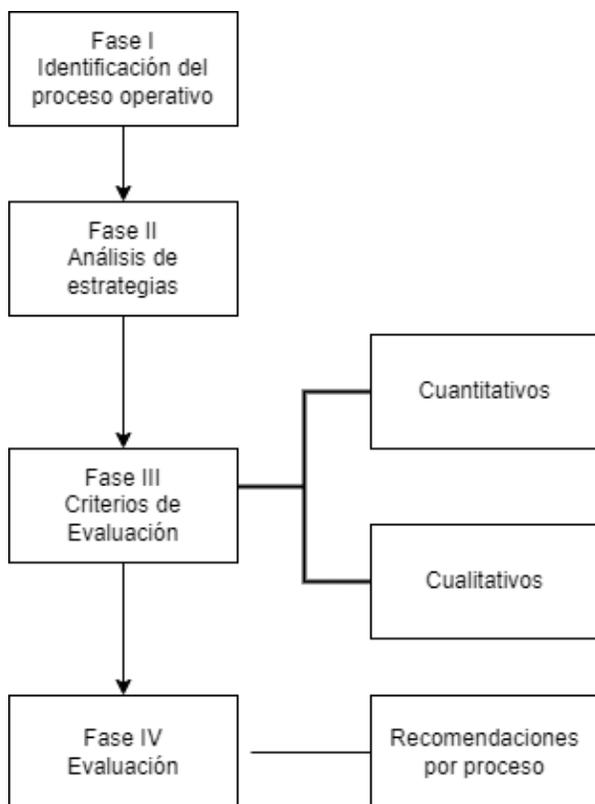
más los procesos operativos de la empresa a la que se aplicará la metodología, a través de un diagrama de flujo propio, en contraposición a la idea original, que fue detallar los procesos en una tabla con diferentes categorías.

Por otro lado, otro de los datos relevantes obtenidos por los expertos tuvo relación con qué persona (dueño, empleado, experto, etc.) deberá determinar el componente peso (*weight*) a través de la herramienta BWM en la Fase 4. Esto, ya que existía la opción de disponer la herramienta para que, quien aplique la metodología, sea quien determine el peso, tal como se observó en la teoría. Sin embargo, se optó por estandarizar y presentar una propuesta de criterios con su respectiva ponderación, ya que de esta forma se evita la subjetividad del usuario y la posible dificultad propia del uso de la herramienta BWM.

4.3. Diseño de la metodología PymeCircular

A continuación, se presenta el diseño de la metodología PymeCircular, que tiene como finalidad evaluar la implementación de la Economía Circular en pequeñas y medianas empresas.

Esta permite evaluar la implementación de la Economía Circular a través de un modelo que será aplicado de acuerdo con múltiples criterios con la herramienta BWM. Al mismo tiempo se trabajan indicadores normalizados de diferentes ámbitos que posibilitan la comparación de la estrategia vigente con estrategias circulares propuestas. Esta metodología consta de cuatro fases: 1. Identificación del proceso operativo. 2. Análisis de Estrategias. 3. Criterios de Evaluación. 4. Evaluación. Como se muestra en la Figura 1 y se describe en detalle en los puntos que se señalan posteriormente.



Fuente: elaboración propia.

Fase 1: identificación del proceso operativo y determinación del alcance

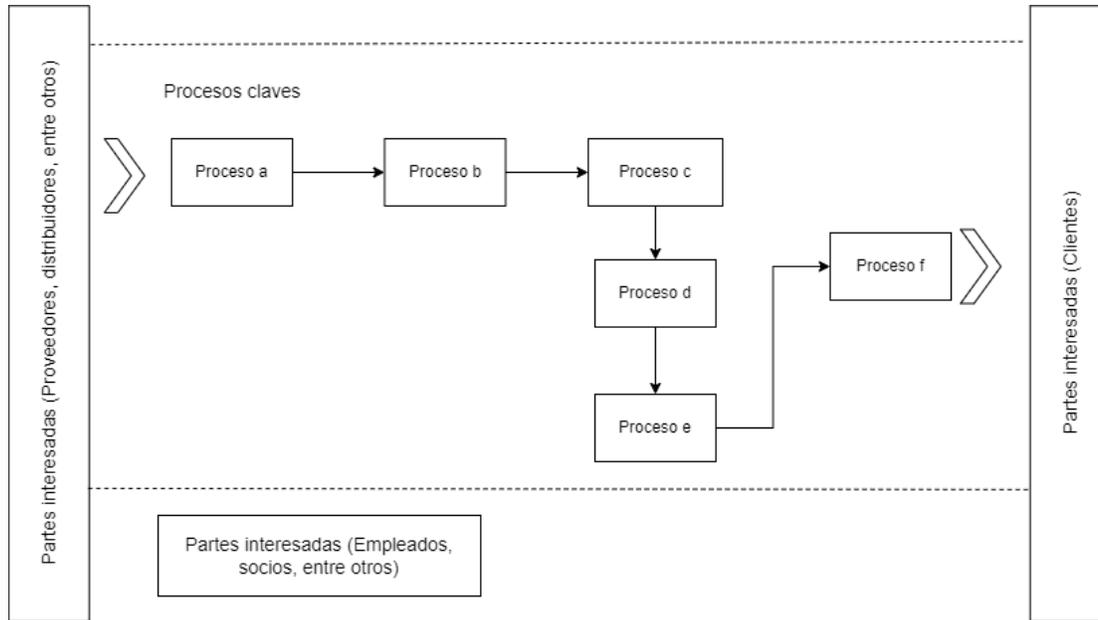
Esta fase inicial de la metodología tiene como objetivo identificar los procesos de una pyme, donde se recopilará la información cuantitativa y cualitativa. Al mismo tiempo, se determinará el alcance de aplicación, para luego continuar a la siguiente etapa. Algunos ejemplos de recopilación de información pueden ser los siguientes:

- Visita a terreno, donde se inspeccionará de manera física los insumos y elementos que utiliza la pyme para su proceso de producción y/o ventas.
- Entrevista con propietarios y trabajadores.
- Revisión de inventarios.
- Revisión de balances contables, financieros y tributarios.
- Análisis de ventas.
- Análisis de producción.
- Análisis de marketing y estudios de mercados.
- Análisis de normativa legal aplicable.
- Recopilar información sobre generación y gestión de residuos.
- Análisis de consumos energéticos e hídricos.

Para guiar la aplicación de esta fase, se debe conocer la posición de la pyme dentro de la economía lineal en una escala global. Así, se comprende su contexto y la función de esta con el flujo de recursos en un modelo lineal de producción, permitiendo visualizar sus actividades claves dentro de su red de valor.

Para esto se recomienda a la pyme ubicar su posición en el Diagrama de Flujos de Recursos de la Figura 2, la que muestra el flujo de recursos representado por flechas negras y grises. Las primeras, representan la cadena de valor existente en la pyme y las segundas, indican los vínculos entre múltiples cadenas de valor (ISO, 2022).

Figura 3. Ejemplo de diagrama de procesos



Fuente: elaboración propia.

Luego, se deberá definir el alcance y limitantes de aplicación. A continuación se presentan preguntas claves para facilitar esta etapa (Wbcsd, 2022).

¿Cuál es el nivel de negocio que se va a evaluar?

Puede abarcar una unidad de negocios, una línea de productos o considerar evaluar la empresa completa.

¿Cuáles son los límites de aplicación de la metodología?

Dado que la metodología está enfocada a pymes, se deben establecer los límites de esta para su correcta implementación; es decir, de acuerdo con los procesos definidos en la metodología, como:

- Entrega de proveedores; ventas y gestión de residuos. De esta forma, se deberá dimensionar el volumen de datos por obtener y las dificultades de recolección, como los datos no estructurados, entre otros. Finalmente, se realizará un cuadro resumen, donde se describirán:

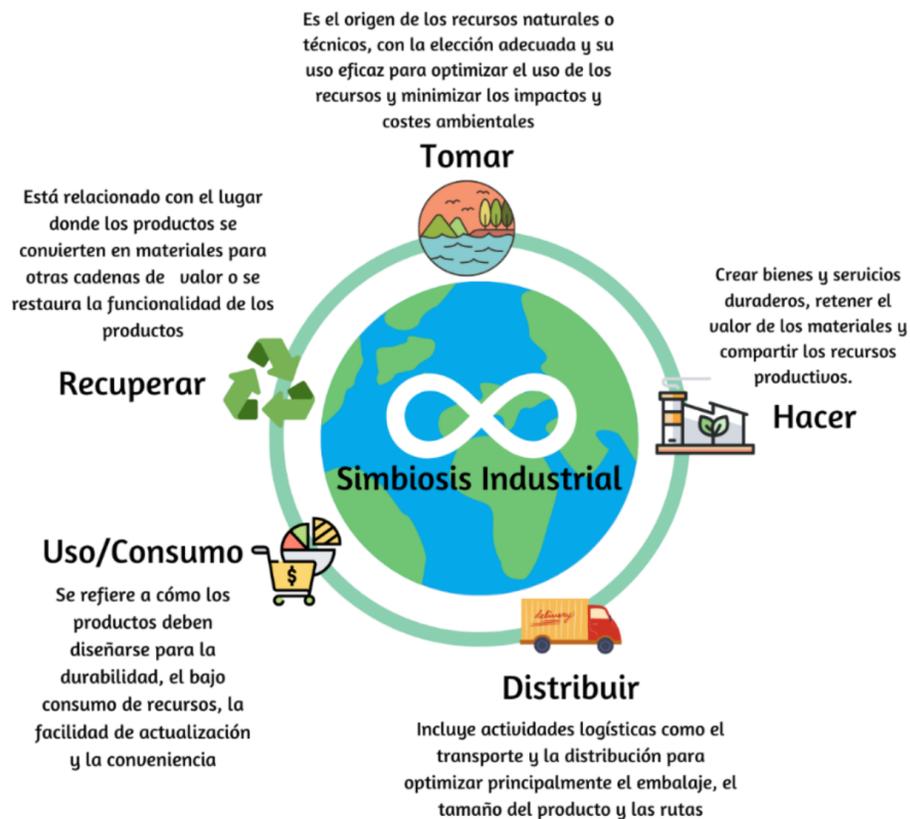
- **Procesos:** este primer elemento se considerará de acuerdo con el alcance definido previamente en la pyme que se estudiará y sus características.
- **Descripción:** en este segundo elemento se realizará una especificación de las operaciones de acuerdo con el elemento anterior, pudiendo tomar en cuenta pasos del tipo secuencial, dependiendo de la complejidad.
- **Observaciones:** este elemento complementará al anterior de una forma práctica, de acuerdo con la recolección de datos, pudiendo abarcar tanto observaciones cualitativas como cuantitativas, por ejemplo, establecer un rango, determinar cantidades y similares.

De forma que el resultado de esta tabla permita recopilar los antecedentes para conocer y dar cuenta de cómo opera la empresa.

Fase 2: análisis de estrategias

En esta fase se determinarán estrategias circulares asociadas con los procesos identificados en la etapa anterior, describiendo además la estrategia actual de los mismos, con el objetivo de tener el contraste de la situación actual de cada proceso versus la estrategia circular asociada. La cantidad de estrategias propuestas dependerá de la factibilidad de alternativas que existan.

Cada estrategia debe considerar aspectos sostenibles, tales como, diseño, fabricación, entre otros, como se detalló en la Revisión de Literatura del presente estudio. También deberán tomar en cuenta los campos de acción de la Economía Circular. Los campos de acción según el autor Ormazábal et al. (2020) se representan en la Figura 4.



Fuente: elaboración propia sobre la base de Ormazabal et al. (2020).

Las estrategias circulares propuestas deberán ser presentadas a través de una tabla.

- Procesos: se considerarán los procesos identificados en la fase uno.
- Elementos: se definirá un elemento o componente propio del proceso sobre la base de la descripción y observación de la fase anterior.
- Estrategia actual: se identificará la estrategia actual que tiene la organización en referencia al proceso involucrado.
- Estrategia propuesta: se establecerán una o varias estrategias circulares para cada proceso operativo.

Cabe mencionar que este análisis de estrategias varía de acuerdo con el tamaño de la empresa en estudio, sus características, el nivel de ingreso, la localización, entre otros factores.

Fase 3: Criterios de evaluación

En esta fase se recomienda utilizar como guía para la determinación de los criterios, aquellos que se consideren necesarios para abarcar cada una de las estrategias establecidas en la etapa anterior. Para cada uno de los diferentes criterios se definirán subcriterios/indicadores, que medirán de forma cualitativa o cuantitativa las estrategias en la fase siguiente.

Para los subcriterios de carácter cualitativo se aplicarán valores, según corresponda, con parámetros basados en una escala, por ejemplo: 1. bajo, 2. medio, 3. alto, 4. muy alto. Obtenidos de una Escala Likert u otra herramienta para facilitar la medición de este subcriterio.

Luego de establecer los criterios y subcriterios que se utilizarán, se debe señalar para cada uno de ellos si el objetivo del indicador es maximizar o minimizar el resultado, identificando si este debe disminuir o aumentar para la estrategia circular; esto con el propósito de realizar una normalización y obtener una escala comparable de todas las estrategias.

A continuación, se presentan las ecuaciones (1) y (2) para normalizar los subcriterios (Alamerew et al., 2020):

$$\text{Para maximizar: } N = X_{ij} / X_{ij \max} \quad (1)$$

$$\text{Para minimizar: } N = X_{ij \min} / X_{ij} \quad (2)$$

Donde:

X_{ij} es el valor resultante de la estrategia i para el subcriterio j .

$X_{ij \max}$; $X_{ij \min}$ son el valor máximo y mínimo para la estrategia i para el subcriterio j respectivamente.

Como resultado de esta fase, se desarrollará una tabla, contemplando los criterios y subcriterios por utilizar, la unidad de medición y el objetivo del indicador (maximizar o minimizar).

Fase 4: Evaluación

La fase final de la metodología PymeCircular consiste en evaluar cada una de las estrategias definidas en la fase 2, tanto para la estrategia circular como para la estrategia actual, utilizando los diferentes criterios y subcriterios desarrollados en la fase anterior.

Para esto se deberá determinar el Peso (*Weight*) de cada uno de los criterios desarrollados en la fase 3, utilizando la herramienta BWM por cada proceso determinado en la fase 1. Por lo que, se tomará como referente en cada proceso el criterio más importante o deseable y el menos importante o deseable, de forma tal que, con base en ambas elecciones, se debe evaluar en una escala de 1 a 9, la importancia de los demás criterios con referencia al más deseable y con referencia al menos deseable. Se recomienda utilizar las ponderaciones realizadas para este caso en estudio (ver anexo 1). Dicho lo anterior, en el caso de aplicación a una pyme del rubro de venta al por menor de alimentos en comercios especializados, el criterio de diseño de productos tendrá mayor importancia para procesos de comercialización y no tanto para los de almacenamiento. Posteriormente se realizará el problema de optimización a través de la herramienta en Excel, lo que dará como resultado una ponderación distinta para cada criterio.

Luego, para poder realizar la evaluación, se determinará el valor $M(A_i)$ de la estrategia propuesta y el valor de la estrategia actual, el que permitirá realizar la comparación y análisis entre ambos escenarios. El valor de cada uno resultará de la aplicación del modelo MCDM, propuesto por el autor Alamerew et al. (2020) explicado en la siguiente fórmula:

Donde

$$M(A_i) = \sum W_j X_{ij}, j = 1, 2, \dots, m, i = 1, 2, \dots, n$$

W_j Es el peso del criterio j.

X_{ij} Es el valor normalizado de la estrategia i para el subcriterio j.

$M(A_i)$ Corresponde al valor específico de cada estrategia.

En síntesis, el componente (W_j) es el peso del criterio determinado con la herramienta BWM, mientras que el componente (X_{ij}) es determinado a través del cálculo del indicador del criterio para cada estrategia.

Una vez obtenidos los valores para la estrategia circular y estrategia actual, se realizarán las representaciones gráficas de los resultados con el objetivo de compararlos, como se ve reflejado en la Tabla 3, de forma tal que su análisis permita obtener las recomendaciones de la evaluación de la Economía Circular.

Tabla 3. Representación gráfica del modelo ACÄ

Criterio	Subcriterio (Indicador)	Weight (Peso)	Estrategia actual Proceso X	Estrategia circular Proceso X
Criterio 1	Indicador 1	W_j	X_{ij}	X_{ij}
Criterio 2	Indicador 2	W_j	X_{ij}	X_{ij}
Criterio 3	Indicador 3	W_j	X_{ij}	X_{ij}
Total			$\sum W_j X_{ij}$	$\sum W_j X_{ij}$

Fuente: elaboración propia con base en Alamerew et al. (2020).

CONCLUSIONES

Se confeccionó una metodología capaz de entregar un análisis de diversas estrategias acordes con la Economía Circular, comparadas con las estrategias actuales cuyo desarrollo de sus distintas fases permitirá otorgar un sustento práctico y fundamentado a aquellas personas dueñas de pymes que están dispuestas a comenzar a implementar la Economía Circular en los diferentes procesos de la entidad.

Se considera que la metodología PymeCircular traerá beneficios para las pymes que deseen aplicarla desde los puntos de vista ambiental, económico y social y también como un diagnóstico para detectar falencias en el negocio y sus limitantes, además de identificar y medir las estrategias aplicables a cada pyme para conocer la factibilidad de implementación.

De acuerdo con la investigación realizada, se logró identificar diversos factores que influyen en la transición hacia una Economía Circular para pequeñas y medianas empresas, a partir del estudio teórico. Estos factores corresponden principalmente a la falta de apoyo estatal, mercados insuficientemente desarrollados y el alto costo de implementar mecanismos sustentables y/o sostenibles. Esto se pudo constatar a través de las entrevistas, confirmando que aún la cadena de suministro sostenible está en desarrollo y que las pymes, en su mayoría, requieren de una alta

inversión para emplear estos mecanismos, como las energías renovables no convencionales. Sin embargo, se evidenció que sí existe apoyo estatal en Chile para facilitar la implementación, como las iniciativas de Sercotec y algunos subsidios.

Por otro lado, se constató la existencia de herramientas aplicables a pymes, como las metodologías Dmaic, M-SCE-DD y la Guía de EC; no obstante, no se adecuan en su totalidad al contexto de las pymes chilenas

El desarrollo de esta metodología no estuvo exento de dificultades, una de estas corresponde a la decisión de evaluar la empresa completa debido a la dificultad de los flujos de recursos en la red de valor y de los procesos de cada entidad. En segundo lugar, en relación con los subcriterios cualitativos, estos podrían entenderse ambiguos, además de requerir una rigurosidad considerable en su formulación. Por último, la herramienta BWM resulta poco comprensible y añade una dificultad, por lo tanto, y en retroalimentación con la validación de expertos, se optó por estandarizar el peso de los criterios asociados con una pyme comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alamerew, Y. A. y Brissaud, D. (2019). Circular economy assessment tool for end of life product recovery strategies. *Jnl Remanufactur*, 9, 169-185. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13243-018-0064-8>
- Alamerew, Y. A.; Kambanou, M., Sakao, T. y Brissaud, D. (2020). A Multi-Criteria Evaluation Method of Product-Level Circularity Strategies. *Sustainability*, 12(12). doi:<https://doi.org/10.3390/su12125129>
- Alarcón, F.; Cortés-Pellicer, P., Pérez-Perales, D. y Sanchis, R. (2020). Sustainability vs. Circular Economy from a Layout Decision Perspective: A Methodology Proposal and an Applied Example in SM. *Sustainability, MDPI*, 12(23) 1-26. Recuperado de: <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v12y2020i23p10109-d455737.html>
- Belda Hériz, I. (2018). *Economía Circular: un nuevo modelo de producción y consumo sostenible*. Madrid, España: Tébar Flores.
- Carrillo González, G. (2009). *Una revisión de los principios de la ecología industrial*. México, D. F.: Argumentos.
- Cooper, W. W.; Seiford, L. M. y Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Springer.
- Cortés García, F. J. (2020). *La Economía Circular. Ideas claves para la comprensión de un nuevo modelo*. Santiago de Chile: Universidad Autónoma, Centro de Comunicación de las Ciencias. doi:<https://doi.org/10.32457/ISBN9789568454708692020-ED1>
- Erkman, S. (2001). Industrial ecology: A new perspective on the future of the industrial system. *Swiss medical weekly*. doi:<https://doi.org/10.4414/smw.2001.09845>
- European Commission (2022). Life Cycle Cost. Recuperado de: <https://ec.europa.eu/environment/>.
- Geissdoerfer, M.; Morioka, S., Monteiro de Carvalho, M. y Evans, S. (2018). Business models and supply chains for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 190, 712-721. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.159>
- Hamdar, Y.; Chehab, G. y Srour, I. (2016). Life-Cycle Evaluation of Pavements: A Critical Review. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 9(6)12-26. Recuperado de: <http://www.jestr.org/downloads/Volume9Issue6/fulltext2962016.pdf>
- Hart, A.; Clift, R., Riddlestone, S. y Buntin, J. (2005). Use of Life Cycle Assessment to Develop Industrial Ecologies - A Case Study: Graphics Paper. *Process Safety and Environmental Protection*. doi:<https://doi.org/10.1205/psep.04391>
- International Society on MCDM (2022). Multiple Criteria Decision Making. Recuperado de: mcdmsociety.org.
- Jelinski, L. W.; Graedel, T. E., Laudise, R. A., McCall, D. W. y Patel, C. K. (1992). Industrial Ecology: Concepts and Approaches. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. doi: 10.1073/pnas.89.3.793
- Kumar, P.; Malesios, C., Chowdhury, S., Saha, K., Budhwar, P. y De, D. (2022). Adoption of circular economy practices in small and medium-sized enterprises: Evidence from Europe. *International Journal of Production Economics*. doi <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108496>
- Malesios, C.; De, D., Moursellas, A. y Kumar, P. (2020). Sustainability Performance Analysis of Small and Medium Sized Enterprises: Criteria, Methods and Framework. *Socio-Economic Planning Sciences*. DOI: 10.1016/j.seps.2020.100993

Marrucci, L.; Marchi, M. y Daddi, T. (2020). Improving the carbon footprint of food and packaging waste management in a supermarket of the Italian retail sector. *Waste Management*, 594-603. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.002>

Motevali Haghighi, S.; Torabi, S. y Ghasemi, R. (2016). An integrated approach for performance evaluation in sustainable supply chain networks (with a case study). *Journal of Cleaner Production*, 137, 579-597. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.119>

Ng, K. S. y Martínez Hernández, E. (2016). A systematic framework for energetic, environmental and economic (3E) assessment and design of polygeneration systems. *Chemical Engineering Research and Design*, 106, 1-25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2015.11.017> Get rights and content

Ormazabal, M.; Prieto-Sandoval, V., Santos, J. y Jaca, C. (2020). Guiding SMEs towards the circular economy: a case study. En R. C. Salomone. *Industrial Symbiosis for the Circular Economy*. 27-41. Suiza: Springer, Cham. doi: [10.1007/978-3-030-36660-5_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36660-5_2)

Prieto-Sandoval, V.; Jaca, C. y Ormazábal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 179. 605-615 doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>

Rizos, V.; Behrens, A., van der Gaast, W., Hofman, E., Ioannou, A., Kafyke, T., Flamos, A., Rinaldi, R., Papatelidis, S., Hirschnitz-Garbers, M., y Topi, C. (2016). Implementation of Circular Economy Business Models by Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): Barriers and Enablers. *Sustainability* 8, 1212. doi: <https://doi.org/10.3390/su811212>

Sassanelli, C.; Rosa, P., Rocca, R. y Terzi, S. (2019). Circular economy performance assessment methods: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 440-453. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.019>

Shen, L.; Olfat, L., Govindan, K., Khodaverdi, R. y Diabat, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 170-179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.006>

Stahel, W. (2010). *The performance economy* (2ª ed.). Palgrave-MacMillan.

Stahel, W. (2016). *The circular economy*. Londres, Reino Unido: Nature.

Stahel, W. R. y Clift, R. (2016). Stocks and flows in the performance economy. In *Taking stock of industrial ecology*. Recuperado de: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-20571-7_7

Sudhakar Nudurupati, S.; Budhwar, P., Phani Pappu, R., Chowdhury, S., Kondala, M., Chakraborty, A. y Kumar Ghosh, S. (2022). Transforming sustainability of Indian small and medium-sized enterprises through circular economy adoption. *Journal of Business Research*, 149, 250-269. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.036>

Wbcsd (2022). Circular Transition Indicators V3.0 Metrics for business, by business.

Zimon, D.; Tyan, J. y Sroufe, R. (2019). Implementing Sustainable Supply Chain Management: Reactive, Cooperative, and Dynamic Models. *Sustainability*, 11(24) doi: <https://doi.org/10.3390/su11247227>

ESTIMACIÓN DE INFLACIÓN IMPLÍCITA EN CHILE A TRAVÉS DE INSTRUMENTOS DE RENTA FIJA TRANSADOS

ESTIMATION OF IMPLIED INFLATION IN CHILE THROUGH TRADED FIXED-INCOME INSTRUMENTS

Jorge Eduardo Rojas Valenzuela *

Enzo Sepúlveda Vásquez**

RESUMEN

Existen mecanismos indirectos en los mercados de renta fija y de instrumentos derivados para determinar la tasa de inflación implícita, de acuerdo con el plazo de madurez de tales instrumentos. El objetivo es verificar si estos mecanismos de determinación son acordes con la meta inflacionaria establecida por el Banco Central en Chile.

Palabras Claves: Inflación, inflación breakeven, bonos y swaps.

ABSTRACT

There are indirect mechanisms in bonds and derivatives markets to determine breakeven inflation according to the maturity for these instruments. Our objective is to verify if these determination mechanisms are in accordance with the inflationary goal established by the Banco Central in Chile.

Keywords: inflation, breakeven inflation, bonds and swaps

Jel Code: E31, G28

Fecha de recepción: 18 de mayo 2023

Fecha de aceptación: 2 de junio de 2023

* Ingeniero Comercial, Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Investigador independiente. Santiago de Chile. Correo electrónico: jorge.rojasv@utem.cl.

** Ingeniero Comercial Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago de Chile (UTEM). Magíster en Finanzas Universidad de Chile. Correo electrónico: e.sepulvedav@utem.cl.



Al igual que en el proceso constitucional anterior, en esta nueva instancia aparece en la discusión el rol institucional que debiese tener el Banco Central de Chile (BCCH). Los principales puntos del debate tienen que ver con el concepto de autonomía y los ámbitos de objetivo de la política monetaria. Preguntas tales como: ¿los consejeros pueden ser perseguidos penalmente para responder por los efectos económicos de sus decisiones? ¿Debe el instituto emisor incluir metas de desempleo o crecimiento? son válidas, pero exigen ser abordadas con la máxima rigurosidad y apego a la evidencia.

Es en ese contexto de revisión de las bases institucionales que, en el año 2021, se planteó la siguiente hipótesis: “Estadísticamente, el mercado de capitales chilenos transa la inflación implícita en el rango de 2% a 4%, acorde con lo establecido como meta inflacionaria por el Banco Central de Chile”.

El objetivo general de esta investigación fue verificar si el mercado de capitales ajusta la inflación implícita de los instrumentos financieros en línea con la meta inflacionaria establecida por el Banco Central. En resumen, a través de un testeo estadístico, se analiza empíricamente la credibilidad que le asignan los agentes del mercado a la meta de inflación del Banco Central de Chile en el marco de su conducción de la política monetaria.

1. FUNCIONAMIENTO DEL BANCO CENTRAL

Cabe señalar que el Banco Central es la institución encargada de conducir la política monetaria. Sus principales objetivos, definidos por ley, son:

- Contribuir al buen funcionamiento de la economía y al bienestar de la sociedad.
- Velar por la estabilidad de la moneda, esto es, mantener una inflación baja y estable, de manera

que las personas no deban experimentar los graves efectos del aumento general y sostenido de los precios de la economía.

- Velar por el normal funcionamiento de los pagos internos y externos en orden a vigilar que Chile tenga un sistema financiero sólido y estable que posibilite un funcionamiento normal de la economía.

Para cumplir con sus objetivos, el BCCH tiene, entre otras atribuciones, que regular la cantidad de dinero en circulación en la economía y el crédito; ser el exclusivo emisor de monedas y billetes; regular el sistema financiero y el mercado de capitales; calcular y publicar oportunamente las principales estadísticas macroeconómicas (actividad económica, variaciones del tipo de cambio y las cifras de ingresos y egresos internacionales) y administrar las reservas internacionales, entre otras funciones.

2. POLÍTICA MONETARIA

La política monetaria del Banco Central corresponde al conjunto de acciones que la entidad adopta con el objetivo de mantener un control sobre la inflación, esto es, prevenir y evitar un crecimiento generalizado y descontrolado de los precios de bienes, servicios y factores productivos dentro de la economía, cumpliendo con el mandato de velar por la estabilidad de la moneda que la Ley Orgánica Constitucional establece. Sus efectos, a través de la Tasa de política monetaria, son necesarios pues, como dice el expresidente del BCCH, José De Gregorio (2007):

En la mayoría de las economías modernas el objetivo de los bancos centrales es fijar una tasa de interés interbancaria. El control sobre la inflación se plantea a partir de una meta inflacionaria, objetivo permanente que, de acuerdo con la definición del Banco Central, permite orientar las expectativas de los agentes económicos, transformándose en el ancla nominal de la economía, que provee una referencia clara y única para la evolución de los precios.

En la actualidad, el Banco Central “incorpora el compromiso de utilizar los instrumentos para que la inflación anual del IPC se ubique la mayor parte del tiempo en torno al 3%, con un rango de tolerancia de un punto porcentual” (Banco Central de Chile, septiembre 2020).

Meta de Inflación

En concreto, la meta de inflación se define para la variación anual en 12 meses del Índice de Precios del Consumidor (IPC), elaborado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE). El objetivo operacional de la política monetaria es que la inflación proyectada se ubique en 3% anual en un horizonte de política en torno a dos años. Este horizonte constituye el período máximo en el cual el BCCh habitualmente intenta que la inflación retorne hacia 3%. Da cuenta del rezago promedio entre cambios en el instrumento de política y sus efectos sobre la actividad y los precios, y acomoda la preocupación por la volatilidad del producto y de otras variables y la presencia de movimientos pasajeros o por una sola vez en algunos componentes del IPC. Proyecciones a otros plazos también influyen en las decisiones porque su análisis contribuye a evaluar la sostenibilidad del control inflacionario (Banco Central de Chile, enero 2020).

3. INFLACIÓN IMPLÍCITA

De acuerdo con la *relación simplificada* de Fischer, tenemos que la tasa de interés nominal es igual a la tasa real más la inflación esperada, la que en ausencia de incertidumbre corresponde a la tasa de inflación efectiva.

$$\text{Tasa Nominal} = \text{Tasa Real} + \text{Inflación Esperada}$$

De tal modo, se puede deducir que:

$$\text{Inflación Esperada} = \text{Tasa Nominal} - \text{Tasa Real}$$

La inflación esperada o implícita se puede definir como las expectativas de inflación que el mercado financiero tiene en un plazo dado y es determinada

por el diferencial que existe entre una tasa nominal y una tasa real de distintos instrumentos financieros (renta fija o derivados).

En el mercado de renta fija, el diferencial es obtenido a partir de instrumentos libres de riesgos, es decir, por un lado, bonos de la Tesorería o del Banco Central en pesos (BTP y BCP) y, por otro lado, bonos de la Tesorería o del Banco Central en UF (BTU y BCU).

Para el caso del mercado de los derivados de tasas (*Swaps* y *Cross Currency Swap*), la inflación implícita se transa bajo el concepto de *Break-even Inflation* (inflación de equilibrio) e incorpora el diferencial de tasas descrito anteriormente.

En resumen, los operadores financieros ponen precio o transan la inflación implícita de acuerdo con sus propias expectativas. A partir de este indicador, tanto inversionistas como instituciones financieras toman posiciones especulativas o hacen coberturas de sus riesgos inflacionarios. Así, la inflación implícita se puede desprender de los precios de instrumentos financieros disponibles en el mercado local, a partir del diferencial de tasas nominales y tasas reales.

4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Considerando, por un lado el criterio profundidad de mercado y, por otro lado, el de comparar riesgos de emisor equivalentes, se consideraron las siguientes variables:

1. Inflación implícita de bonos a 2 años (II-Bonos 2a)
2. Inflación implícita de bonos a 5 años (II-Bonos 5a)
3. Inflación implícita de bonos a 10 años (II-Bonos 10a)
4. Inflación implícita de *swaps* a 2 años (II-*Swaps* 2a)
5. Inflación implícita de *swaps* a 5 años (II-*Swaps* 5a)
6. Inflación implícita de *swaps* a 10 años (II-*Swaps* 10a)

Para el caso de los bonos, los valores se consideran los *benchmark* publicados en el mercado formal (Bolsa de Comercio) y para el caso de los *swap* s los precios de cierre de los *Break-even Inflation* publicados por Bloomberg (anexo 1).

Las muestras de todas las variables de inflación implícita se obtuvieron en el período comprendido en los cierres de mes entre febrero de 2010 y febrero de 2021. Una vez obtenidas las series, se procede a la estimación de medias, testeo de normalidad y construcción de intervalos de confianza.

5. RESULTADOS

El cuadro siguiente resume las estimaciones e intervalos con un 95% de confianza, calculados para la inflación implícita de los instrumentos estudiados:

Variable	Media	Desv. St.	Límite inf. IC	Límite sup. IC
II Bonos 2 años	2,84%	0,43%	2,0096	3,6801
II Bonos 5 años	2,91%	0,28%	2,3562	3,4736
II Bonos 10 años	3,01%	0,25%	2,5143	3,5123
II SPC 2 años	3,32%	1,15%	1,0663	5,5894
II SPC 5 años	2,93%	0,33%	1,8992	4,1662
II SPC 10 años	3,03%	0,37%	2,2944	3,7707

Como se observa, en el corto plazo, la inflación implícita de los instrumentos: bonos a 2 años y *swap* a 2 años presenta la mayor dispersión medida a través de su desviación estándar, 0.4240% y 1.1538%, respectivamente, a la vez que la media de ambos instrumentos a 10 años manifiesta una mejor aproximación a la meta inflacionaria establecida por el BCCH.

Por su parte, se puede observar que los intervalos de confianza contruidos con base en las series analizadas, se encuentran casi todos dentro de los márgenes establecidos por el Banco, excepto por los intervalos de las inflaciones transadas por los instrumentos SPC a 2 y 5 años, los cuales corroboran que tienen mayor volatilidad que las implícitas en los bonos.

6. COMENTARIOS

Para el periodo de estudio, se evidencia que el mercado transa en promedio la inflación implícita alineada a la meta de inflación establecida por el BCCH. Como era de esperar, la mayor volatilidad de estas expectativas se ha observado en el horizonte de dos años y esto se explica justamente por la mayor incidencia de los shocks inflacionarios que han orientado las decisiones de política monetaria. En el horizonte de 5 y 10 años existe una robusta evidencia de que el mercado no sólo transa en promedio la inflación implícita alineada con la meta, sino también dentro del rango establecido de más o menos 1 punto porcentual, confirmándose la hipótesis de la investigación.

Lo anterior tiene una explicación y radica en la inequívoca credibilidad que han mostrado los agentes de mercado para con el BCCH como responsable de la política monetaria. Ahora, la invitación es a pensar cuál es la razón de esta credibilidad. Quizás haya más de una razón. ¿La calidad técnica de los profesionales que integran su equipo humano?, ¿la institucionalidad que ha permitido elegir consejeros excepcionales?, ¿la claridad del mandato y las herramientas y atribuciones que le otorga la ley? Creo que todas las anteriores son explicaciones plausibles, pero también creo que la autonomía del ente rector juega un rol clave.

Volviendo al contexto de discusión constitucional que abordamos como país, resulta vital considerar y comprender lo señalado por la actual presidenta Rosanna Costa en la sesión 5 ante la Comisión Experta del proceso constitucional, destacando que el instituto emisor representa un pilar institucional que trasciende a un determinado modelo económico e ideológico. La autonomía del banco se justifica para asegurar la prevalencia del carácter técnico en el ejercicio de sus funciones.

Finalmente, en cuanto a la relevancia de orientar la política monetaria con base en una meta de inflación, es necesario recordar lo indicado en entrevista con La Tercera en septiembre de 2021 por el expresidente

Mario Marcel (reconocido y premiado como mejor presidente de los bancos centrales del mundo del 2021 por la publicación inglesa Central Banking) en el contexto de los retiros previsionales y críticas del mundo político por alzas en TPM:

Se ha hablado en estos días de economía a escala humana, pues bien, yo creo que no hay nada más inhumano en economía que la inflación. La inflación es una fuerza invisible que erosiona día a día los ingresos que las personas generan con mucho esfuerzo. La inflación no es sólo un índice, un dato abstracto, está en el bolsillo de las personas y nuestra misión es cuidarles el bolsillo a las personas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arrau, P. (mayo de 2001). *El Mercado de capitales chileno: un necesario Big-Bang para el crecimiento*. Centro de Estudios Públicos (Chile). Recuperado de: http://www.gerens.cl/gerens/publicaciones/colum_estudios/cep.pdf.

Banco Central de Chile (septiembre de 2020). Informe de Política Monetaria - IPOM. Recuperado de: <https://www.bcentral.cl/contenido/-/detalle/informe-de-politica-monetaria-septiembre-2020>.

Banco Central de Chile (enero de 2020). La política Monetaria del Banco Central de Chile en el marco de metas de inflación. Recuperado de: <https://www.bcentral.cl/documents/33528/133301/PoliticaMonetariaBcchMarcoMetasInflacion2020.pdf/b41270d6-d8c9-b4fo-328d-0968db933e7f?t=1655149251603>.

De Gregorio, J. (2007). *Macroeconomía teoría y políticas*. México: Pearson-Educación.

Beyer, H. y Vergara, R. (2001). *¿Qué hacer ahora?: propuestas para el desarrollo*. Centro de Estudios Públicos (Santiago). Recuperado de: <https://www.cepchile.cl/investigacion/que-hacer-ahora-propuestas-para-el-desarrollo/>.

Hull, J. C. (2012). *Options, futures, and other derivatives* (8ª edición). Prentice Hall International Edition.

Larraín, F. B. y Sachs, J. D. (2004). *Macroeconomía en la economía global* (2ª edición). México: Pearson Education.

Marcel, M.; Medel, C. y Mena, J. (2017). Determinantes de la inflación de servicios en Chile. *Documentos de Trabajo*, (803). Banco Central de Chile. Recuperado de: https://www.bcentral.cl/documents/33528/133326/bcch_archivo_172503_es.pdf/2c0554bb-d8ad-8cfa-8d00-d674d-145c6b6?t=1655149225367.

Varela, F. R. (2007). Mercados de derivados: *swap* de tasas promedio cámara y seguro inflación. *Estudio Económicos Estadísticos*, (56). Banco Central de Chile. Recuperado de: https://www.bcentral.cl/documents/33528/133329/bcch_archivo_096382_es.pdf/cbf5dd62-1285-c64e-7012-8d420852be37?t=1655149111760.

ANEXO 1

1. Inflación Implícita de Bonos a 2 años (II-Bonos 2a)



Fuente: Bloomberg.

2. Inflación Implícita de Bonos a 5 años (II-Bonos 5a)



Fuente: Bloomberg.

3. Inflación Implícita de Bonos a 10 años (II-Bonos 10a)



Fuente: Bloomberg.

4. Inflación Implícita de Swaps a 2 años (II-Swaps 2a)



Fuente: Bloomberg.

5. Inflación Implícita de Swaps a 5 años (II-Swaps 5^a)



Fuente: Bloomberg.

6. Inflación Implícita de Swaps a 10 años (II-Swaps 10a)



Fuente: Bloomberg.

ANEXO 2

Figura 5. La Inflación implícita de los bonos a 2 años procesados en el programa Eviews

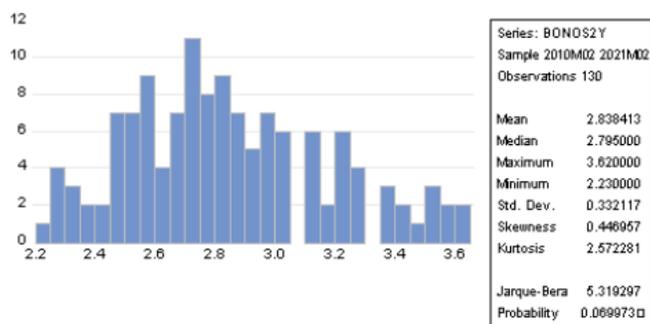


Figura 6. La Inflación implícita de los bonos a 5 años procesados en el programa Eviews

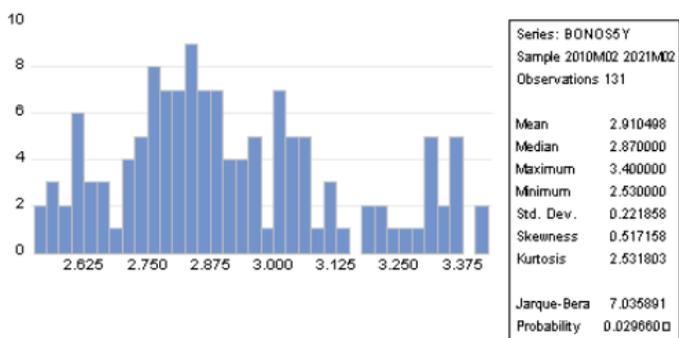


Figura 7. La Inflación implícita de los bonos a 10 años procesados en el programa Eviews

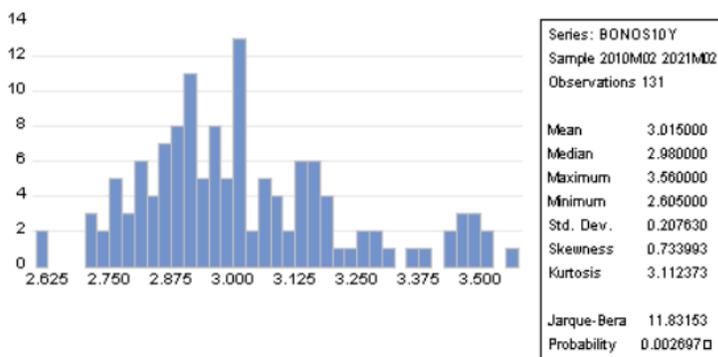


Figura 8. La Inflación implícita de los SPC a 2 años procesados en el programa Eviews

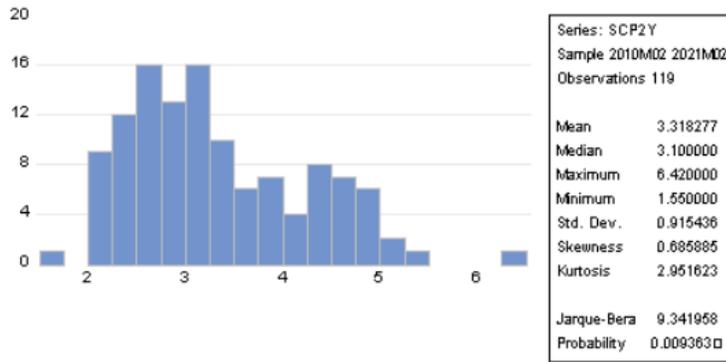


Figura 9. La Inflación implícita de los SPC a 5 años procesados en el programa Eviews

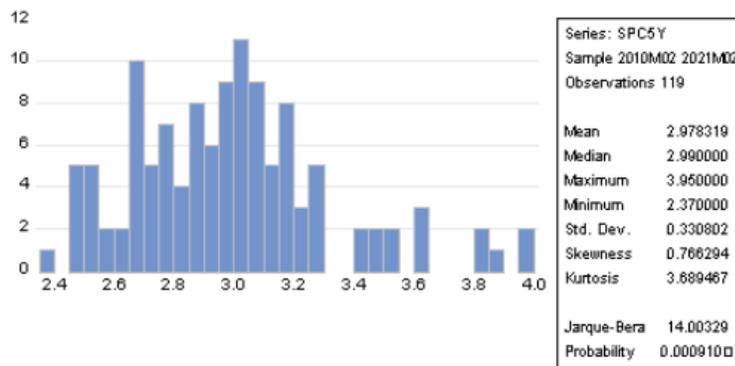
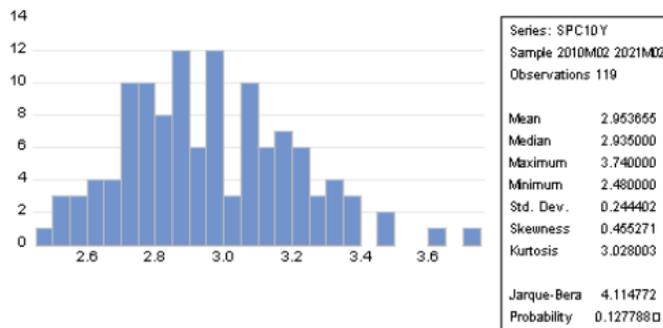


Figura 10. La Inflación implícita de los SPC a 10 años procesados en el programa Eviews



TWO-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TESTS AS CAUSALITY TESTS. A NARRATIVE OF LATIN AMERICAN INFLATION FROM 2020 TO 2022.

PRUEBAS DE KOLMOGÓROV-SMIRNOV DE DOS MUESTRAS COMO PRUEBAS DE CAUSALIDAD. NARRATIVA DE LA INFLACIÓN LATINOAMERICANA DESDE EL 2020 AL 2022.

Marco Vinicio Monge Mora*

ABSTRACT

In this research we expose the capacity of the two-sample Kolmogorov-Smirnov tests to study the existence of asymmetric effects (a methodological innovation) and the dynamics of natural experiments. To show both applications, we analyze Latin American inflation from 2020 to 2022: we verified that the establishment of (COVID-19) pandemic restrictions caused deflation to a lesser extent than the inflation caused by their lifting; and we verified that, in general, Latin American inflation in our study period occurs due to idiosyncratic factors beyond the monetary policy of the United States.

Keywords: asymmetric effects on inflation; two-sample Kolmogorov-Smirnov tests; Latin American inflation; macroeconomic causality; pandemic consequences

RESUMEN

En esta investigación exponemos la capacidad de las pruebas de Kolmogórov-Smirnov de dos muestras para estudiar la existencia de efectos asimétricos (una innovación metodológica) y las dinámicas de experimentos naturales. Para mostrar ambas aplicaciones analizamos la inflación latinoamericana desde 2020 hasta 2022: comprobamos que la instauración de políticas de cierres de comercios (debidas a la pandemia del COVID-19) fue menos deflacionaria de lo inflacionaria que fue su eliminación; y comprobamos que, en general, la inflación latinoamericana en nuestro periodo de estudio obedece a factores idiosincráticos más allá de la política monetaria de los Estados Unidos.

Palabras Claves: efectos asimétricos en la inflación; pruebas de Kolmogórov-Smirnov de dos muestras; inflación latinoamericana; causalidad macroeconómica; consecuencias pandémicas

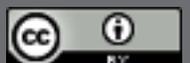
JEL Code: C14, C99, E31

Fecha de recepción: 28 de abril 2023

Fecha de aceptación: 7 de junio de 2023

* Bachiller en economía por la Universidad de Costa Rica. Filiación institucional: Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica. Correo electrónico: marco.mongemora@ucr.ac.cr; y registro como investigador en ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1830-6174>

** Agradecimientos personales: Danilo Monge Acuña, Lucía Mora Morales, José Andrés Ortega, Dr. Carlos Cordero.



1. INTRODUCTION

In macroeconomics, formally verifying causality is always a worthy challenge, but usually an unsatisfactory one. Henschen (2018) postulates that macroeconometrics has four notions of causality: Granger causality (predictive ability of lags of one variable on another variable); Hendry causality (super-exogeneity); Hoover causality (privileged parameterization); and Angrist and Kuersteiner causality (potential outcome paradigm applied to monetary policy). But either way, the end is the same: the feeling of speaking in very different terms than microeconometrics. Feeling disheartened by these circumstances can hardly be condemned as an inferiority complex; those elegant constructions of counterfactuals and control groups from comparable agents feel like the closest economics can get to laboratory experiments without losing external validity.

The two sample Kolmogorov-Smirnov test¹ somewhat brings us closer to that dialect. Macroeconomics has used it specially to evaluate structural changes. The tactic is as follows: 1) there is an apparently distortive event, and we want to evaluate its effects on a particular time series; 2) we divide the series in two parts (before and after the event); and 3) the K-S test evaluates the hypothesis that both parts belong to the same distribution.

But we must be honest. For example, saying that the entry and exit of the world pandemic crisis of our decade had deflationary and inflationary effects, respectively, is a truism. However, this statistical test has much greater capabilities. In fact, in natural sciences, its traditional use is precisely within the laboratory: to compare treatments and controls.

With that inspiration, in this paper we show how useful the two-sample K-S tests can be for evaluating natural experiments. Specifically, we will put under scrutiny the

theory that Latin American inflation since the recovery from the COVID-19 global crisis has been imported from the monetary policy of the Federal Reserve of the United States (see section 3.3).

We also present what, at least to the author's knowledge, constitutes a methodological innovation: the use of K-S tests to diagnose asymmetric effects. In that spirit, we will evaluate whether the establishment of pandemic restrictions caused deflation to a lesser extent than the inflation caused by their lifting — again, focusing on the Latin American experience.

Now, before moving on with the rest of the paper, we must issue a warning: our preference for the Kolmogorov-Smirnov test is solely due to its popularity. All the virtues of this tool for the present work are shared by any non-parametric test that attacks the so-called “two-sample problem”; and there is no doubt that, in the catalog of such tests, there may be better ones than the Kolmogorov-Smirnov test depending on the circumstances.

The paper is organized as follows: in section 2 we review the works that precede ours in methodological (double-sample K-S tests applied in economics) and thematic (inflation since 2020) terms; in section 3 we detail our databases and empirical strategy; section 4 presents and interprets our results; and in section 5 we make a brief synthesis as a conclusion.

2. LITERATURE REVIEW

In the methodological department, our most abundant precedents are those that take advantage of the traditional way macroeconomics use K-S tests: to check if an event establishes a before and after in a series. There are works such as Reinhart and Reinhart (2010), where long-term trend changes in real GDP, unemployment, inflation, credit, and real estate prices are studied for 60 countries before and after international shocks following World War II. In another example, Mian, Sufi,

1. From now on, K-S tests. Sometimes we will omit specifying that we are referring to the two-sample test, since this is the only kind of test we will talk about.

and Trebbi (2014) use K-S tests in 70 countries to verify the increase in legislative party fragmentation that occurs after a financial crisis—as a reason why debt relief reforms that could alleviate downturns are not approved. Ngure and Waititu (2021) also develop the test in a reverse procedure: a statistic that indicates the disruption date for the exchange rate series between the US dollar and the Kenyan shilling.

However, as we anticipated in the introduction, the home of K-S tests outside of the social sciences is the laboratory. Therefore, it should not surprise us that experimental economics has taken advantage of its benefits: Holt and Laury (2005) evaluate whether participating in a low-stakes payment decision before participating in a high-stakes payment decision disrupts risk aversion. In general, Goerg and Kaiser (2009) can be consulted for a record of non-parametric tests that address “the two-sample problem” applied in experimental economics.

Now, in the thematic department, our precedents are the works aimed to understand inflation fluctuations between 2020 and 2022. Abdelkafi, Loukil, and Romdhane (2022) make generalized method-of-moments estimates on the influence that COVID-19 infections and government measures (public awareness and subsidies, specifically) exert on inflation and the exchange rate in selected Latin America and Asia economies.

Moving on to the recovery period, Jordà, Liu, Nechio, and Rivera-Reyes (2022) argue, by estimating a Phillips curve, that the stimulation of disposable income from fiscal aid was what caused US inflation to outpace that of other Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) nations. Also estimating a Phillips curve in the United States, Ball, Leigh, and Mishra (2022) find that the increase in underlying inflation since 2021 is explained mainly by: 1) pressure on the labor market in terms of more job openings relative to unemployment; and 2) the transfer of very persistent non-underlying inflation shocks.

A secondary thematic axis of our work is the asymmetric responses of inflation to the same stimulus. The stimulus that has aroused the interest of researchers the most has been monetary policy. See Santoro, Petrella, Pfajfar, and Gaffeo (2014) for an extensive review of antecedents in this area; along with a behavioral model that rationalizes the regularity that they all detect: in response to monetary policy, output increases more during recessions than it decreases during expansions; inflation, on the other hand, exhibits a symmetric effect in both phases of the cycle—in section 4, we will see that this does not appear to be the case for business closure policy.

3. METHODOLOGY

3.1 Data

The main database for our study is the Economic Information System (SIE) of Fondo Latinoamericano de Reservas (FLAR). In particular, the time series for prices, which records the monthly consumer price index (CPI) for the following countries: Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Dominican Republic, Uruguay, and Venezuela.

We will consider the period that goes from January 2017 because it is the first complete year for which there is data for all countries in the sample. We exclude Jamaica and Guatemala from our study because they do not have data for the second half or more of 2022; likewise, we exclude Argentina and Venezuela because of their hyperinflationary dynamics, which could contaminate the comparative analysis we pursue. Of the remaining data, only Brazil has a missing value (August 2022) between two known values; therefore, we use linear interpolation to complete the series. Finally, we choose August 2022 as the end of the period because it is the last month for which there is information for all countries.

As a measure of inflation, we will use the year-on-year log-change of the price series to eliminate the seasonality of the CPI and to ensure symmetry in increases and decreases. This is another reason to exclude hyperinflationary economies: this desirable property of natural logarithms is only valid for small growth rates (Romero, 2020). Thus, we end up with a sample of 15 Latin American nations comprising their logarithmic year-on-year inflation rates from January 2018 to August 2022.

While this is the series of primary interest in our study, we will need the real Gross Domestic Product (GDP) series of Ecuador, El Salvador, and Panama to construct a hypothetical dollarized economy (see section 3.3). Therefore, we obtained from the World Bank the annual GDP data at constant (2010) prices for these three economies for 2018, 2019, 2020, and 2021 (for 2022 we will use the 2021 data).

Finally, it should not be forgotten that the range of years that most concerns us, 2020-2022, is marked by a latent variable: the COVID-19 pandemic. To establish a less subjective criterion for designating the dates that mark the beginning of the recovery from the health crisis, we will use the COVID Stringency Index of the Oxford Coronavirus Government Response Tracker (OxCGRT). This index takes values from 0 to 100 and consists of a weighted sum of the following factors: closures of educational centers, workplaces, and public transport; cancellation of public events; restriction on meetings, movement within the country, and international travel; orders to stay at home; and information campaigns.

3.2. Kolmogorov-Smirnov tests

We will follow the exposition and notation of Young (1977). The setting in which K-S tests are applied is one in which we have two histograms $f_{n_1}(x)$ and $f_{n_2}(x)$ of n_1 and n_2 observations, respectively. It is assumed that these histograms are samples from two continuous

probability density functions: $f_{n_1}(x)$ and $f_{n_2}(x)$, in that order. The two-sample Kolmogorov-Smirnov test has the following null hypothesis (H_0) and alternative hypothesis (H_1):

$$H_0: f_1(x) = f_2(x) \quad (1)$$

$$H_1: f_1(x) \neq f_2(x) \quad (2)$$

To test them, the sample probability distribution functions are constructed from the histograms as follows:

$$F_{n_1}(x_r) = \sum_{x=x_0}^{x_r} f_{n_1}(x) \quad (3)$$

$$F_{n_2}(x_r) = \sum_{x=x_0}^{x_r} f_{n_2}(x) \quad (4)$$

where x_r is the horizontal value of the r -th division of the histogram.

With this information, the test statistic is constructed:

$$D := \max_x \left| F_{n_1}(x) - F_{n_2}(x) \right| \quad (5)$$

There are two key details. First: as can be seen, the statistic is the maximum distance that the sample probability distribution functions have between each other. Intuitively, this can be thought of as the most important point; because outside of it, the distributions, by definition, are more similar. Second: the test is non-parametric and as such, we do not assume a particular distribution for the two samples involved; to understand how to obtain the p-value and the critical values in the test, Hodges (1958) can be consulted as a classic reference; or Facchinetti (2009) for a modern method that reduces the problem to a linear system. In either case, the prominence of binomial counting arguments is noticeable.

3.3. Empirical strategy

Lizano (2022) informally hypothesized about the inflation take-off in Costa Rica that occurred since the recovery from the COVID-19 pandemic. His conjecture was that this inflation was imported from the United States; specifically, that it was the result of an aggressive monetary policy by the Federal Reserve and, secondarily, the paralysis of supply chains that the US recovery had inflicted. We will test this hypothesis, not only for Costa Rica but for all Latin America. To do so, we will design a natural experiment.

We will create the inflation series of an artificial economy; a ‘dollar basket’. We will take the inflation series of Ecuador, El Salvador, and Panama and calculate their weighted average, using the real GDP of the respective year as the weight. The reason for proceeding as we did is that these are three dollarized nations²: that is, our ‘dollar basket’ has the characteristics of a Latin American economy, but all shocks to its local currency are the same shocks that the US dollar receives. Our artificial economy is productively Latin America³ and monetarily the United States.

What we will do with the other 12 inflation series is to compare them one by one, from January 2021 to the end of our series (August 2022), with the dollar basket series using a K-S test. Thus, if the null hypothesis that they come from the same distribution is not rejected, it means that during the study period, the inflation of the respective country is caused by US monetary policy shocks. Otherwise, it follows that there are idiosyncratic

factors that make it impossible to categorize inflation as 100% imported from the United States.

In another section, as we hinted in the introduction, we want to present a novel applicability of K-S tests: the evaluation of asymmetric effects. We want to find out if the deflationary effect that the COVID-19 crisis had was greater than the inflationary effect that the recovery from it had. To define the start of the pandemic and the recovery, we need an objective way to locate their dates. For the first date, it is straightforward: March 2020. For the second date, although not a perfect decision, it is defensible: we will use as a proxy, for each country, the first month after the COVID Stringency Index reached its 2021 maximum.⁴ Provided with our definitions, we will do the following:

Step 1: We will perform K-S tests for our 15 countries, comparing the segment of the inflation series that goes from January 2019 to March 2020, with the segment of the inflation series that goes from April 2020 to the month before the respective country’s recovery.

Step 2: We will perform K-S tests for our 15 countries, comparing the segment of the inflation series that goes from April 2020 to the month before the respective country’s recovery, with the segment of the inflation series that goes from the month of the respective country’s recovery to the end of the series.

Step 3: The p-values associated with **Step 1** are a (inversely proportional) measure of the alterations that the COVID-19 pandemic caused in the inflation distribution; the p-values associated with **Step 2** are a measure (inversely proportional) of the alterations that the pandemic recovery caused in the inflation distribution. Thus, if we find a regularity when comparing both sets of p-values (that those from **Step 1** are systematically higher than those from **Step 2**, or vice versa), it will tell us what caused a greater impact

2. It is extremely beneficial for our purposes that, by regional standards, the three nations are: a high-income country (Panama), a middle-income country (Ecuador), and a low-income country (El Salvador).

3. This includes exposure to international shocks (including those that also affected the United States), but with a Latin American assimilation. Our test is designed specifically to isolate and focus only on the monetary policy of the Federal Reserve. Thus, when we later use the term “idiosyncratic factors”, it may perfectly refer to a vernacular assimilation of the same international shock (for example, the Russo-Ukrainian war, as we mention below).

4. We did not use the overall maximum of the whole series because in all cases, except for Uruguay, the peaks were in 2020; and surpassing them did not represent an indication of returning to normality.

on inflation: the onset or the end of the health crisis, rigorously, the appearance or disappearance of the restrictions associated with it.

Finally, as a general comment for our entire methodology, we should note that we will use the exact p-value rather than the asymptotic one to evaluate our hypotheses. This is because the latter is very sensitive to sample size; particularly, it excessively fails to reject the null hypothesis as the number of observations decreases.

4. Results

In Table 1, we present our results regarding the experiment that compares each economy to the ‘dollar basket’.

Table 1: K-S Tests for Inflation Series of Latin American Economies Compared to the ‘Dollar Basket’.

Country	January 2021-August 2022		August 2021-August 2022	
	Statistic (D)	p-value	Statistic (D)	p-value
Bolivia	0.6500	0.0000	1.0000	0.0000
Brazil	0.9500	0.0000	1.0000	0.0000
Chile	0.6500	0.0000	0.9231	0.0000
Colombia	0.8000	0.0000	1.0000	0.0000
Costa Rica	0.3000	0.3360	0.4615	0.1260
Dominican Republic	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000
Honduras	0.7500	0.0000	0.8462	0.0000
Mexico	0.8500	0.0000	1.0000	0.0000
Nicaragua	0.7000	0.0000	0.9231	0.0000
Peru	0.6000	0.0010	0.9231	0.0000
Paraguay	0.6500	0.0000	1.0000	0.0000
Uruguay	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000

Source: own elaboration.

As can be seen, for robustness purposes, we not only tested our hypothesis using the start date of the US recovery (under our criterion with the COVID Stringency Index): January 2021. We also used the date from which

all Latin American economies had already started their recovery (again, under our criterion with the COVID Stringency Index): August 2021. And the results are the same: 1) for Costa Rica, it cannot be rejected, at any conventional significance level, that the distribution of its inflationary process is different from that of our hypothetical economy; and 2) for the rest of the sample, this hypothesis is rejected, at all conventional significance levels— see Ulate (2021) for a modeling of the weakness of US monetary policy when operating in the zero lower bound area.

Of course, our results do not indicate that US monetary policy is irrelevant to the rest of the inflationary processes in Latin America. Rather, it indicates that a set of idiosyncratic factors must be added to the explanation. For example, Carrera and Ramirez (2020) find that the inflation of Chile, Mexico, Peru, and Colombia has been insensitive to the measures of quantitative easing implemented by the Federal Reserve. However, as reviewed by de Paula, Saravia, and Ferreira (2022), these countries implemented their own unconventional monetary policy tools.

Table 2: K-S Tests for Inflation Series of Latin American Economies Pre- and Post-Pandemic; and Pre- and Post-Recovery.

Country	Pandemic		Recovery	
	Statistic (D)	p-value	Statistic (D)	p-value
Bolivia	0.4714	0.107	0.3500	0.369
Brazil	0.4167	0.163	1.0000	0.000
Chile	0.4732	0.048	1.0000	0.000
Colombia	0.7747	0.000	0.8824	0.000
Costa Rica	0.8750	0.000	0.875	0.000
Dominican Republic	0.6000	0.016	1.0000	0.000
Ecuador	0.6667	0.003	0.6667	0.002
Honduras	0.7468	0.001	0.8421	0.000
Mexico	0.2941	0.420	0.8643	0.000
Nicaragua	0.8571	0.000	0.8125	0.000
Panama	0.6471	0.001	0.9412	0.000
Peru	0.5440	0.028	0.8824	0.000
Paraguay	0.7143	0.001	1.0000	0.000
El Salvador	0.5714	0.026	1.0000	0.000
Uruguay	0.9231	0.000	0.6154	0.003

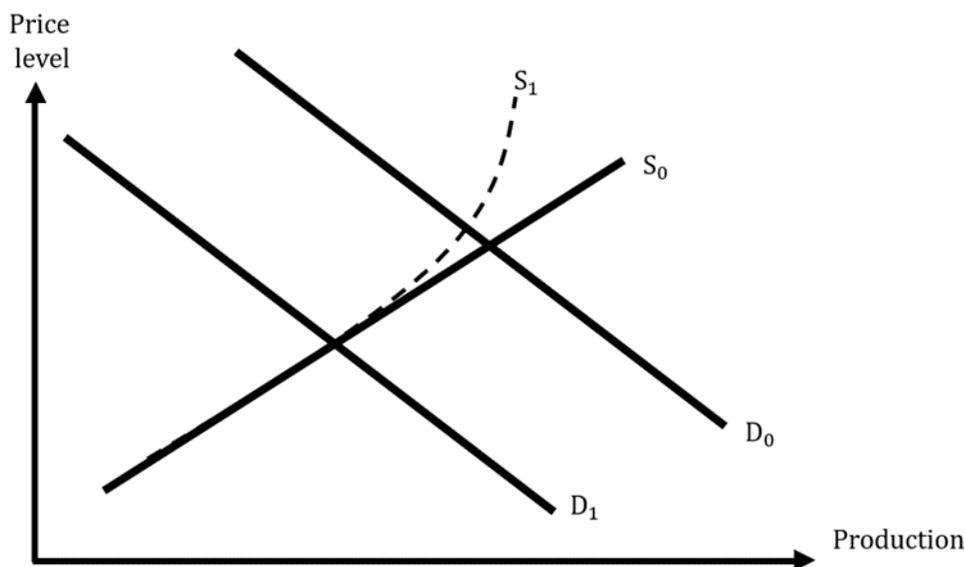
Source: own elaboration.

For the asymmetric effects of sanitary restrictions, we report our results in Table 2. As can be seen, p-values are systematically lower for the K-S test associated with economic recovery. This represents evidence that the rehabilitation of economic activity caused stronger inflationary shocks than the deflationary shocks caused by the depression.

We theorize that this asymmetry is due to the following dynamic: when health restrictions were applied, the result was a large exogenous contraction of aggregate demand to which aggregate supply responded endogenously. On the other hand, when the restrictions were lifted, not only did aggregate demand expand exogenously (aided by the recovery itself, but also by variations in disposable income introduced to alleviate the crisis) but it also forced production to a level above the capacity with which it was left by the crisis.

We can think of a situation like the one described in Figure 1: first, the demand curve shifts backwards (D_1), but during the time it takes to return to its original position (D_0), a latent supply curve (S_1) is activated: more inelastic than the original (S_0) because it has become accustomed to the lower input requirement and lower selling capacity in specific sectors.

Figure 1: Aggregate supply beginning a regime of lower production.



Source: own elaboration.

Empirical support for this theory can be found in Shapiro (2022): through a disaggregated analysis of the data, he identifies which goods experience price and quantity movements in the same direction, and which move in the opposite direction. As a result, he concludes that 50% of post-COVID-19 US inflation is due to supply factors, 33% to demand factors, and the rest to unidentified factors. Bringing up this case has a purpose: it helps us to understand that the process described above, in a context of sudden excess capacity changes, affects both large and small economies; and this fact gives rise to what has colloquially been called the global “bottleneck” problem. Thus, re-inflation has an international force that also helps to explain why it was more powerful than pandemic deflation: the asymmetrical effects found in 13 of our 15 countries.

It remains to explain the exceptions: Bolivia and Uruguay. The Bolivian case can be understood because the prices that have experienced the greatest increase worldwide, namely food and fuel, are regulated/subsidized in Bolivia (Olmo, 2022). The Uruguayan case, on

the other hand, we suggest is due to the abnormally positive performance in terms of the COVID Stringency Index: (apart from March 2020) the only spike occurs just before the month of recovery, so it is understandable that the lifting of internal restrictions was not as influential. Both phenomena may point to limitations of our study: Bolivia because the CPI is an imperfect quantifier of inflation; and Uruguay because the way we defined recovery is also imperfect for its purpose.

As another limitation, and since we have discussed the existence of relevant international shocks, it could be argued that our asymmetrical effects are not entirely explained by returning to normality; that the Russian-Ukrainian war is also responsible. And whoever argues this might be right. But everything seems to indicate that the war has played a secondary role: for the 12 countries for which we found asymmetrical effects to three decimal places of significance, we conducted K-S tests comparing inflation from the month of recovery until February 2022 (the month of the Russian invasion) with inflation until the end of the series; only for a third of them does the test reject the null hypothesis at three decimal places of significance

(Honduras, Nicaragua, El Salvador, and Paraguay); and they all have in common that oil is their largest or second-largest import (Observatory of Economic Complexity, 2021).

5. CONCLUSIONS

We found that there were asymmetric effects of business closure policies, aimed at preventing the COVID-19 pandemic, on the inflation of Latin American economies. Specifically, the implementation of these regulations, in general, was less deflationary than their elimination was inflationary.

Additionally, for these same Latin American economies, we found that US monetary policy, in general, does not provide a complete explanation for the rise in their general prices levels. While we cannot rule out its influence, we can conclude that it had to be accompanied by idiosyncratic factors to bring Latin American inflation rates to their current state.

Finally, based on the methodology that we used to achieve these results; we presented the usefulness of the two sample Kolmogorov-Smirnov tests in two areas. Natural experiments (an area that is rarely explored but which applicability has always been tacit in the experimental economics literature; and the study of asymmetric effects) a methodological innovation, again, at least as far as the author is aware.

REFERENCES

Abdelkafi, I., Loukil, S. & Romdhane, Y. (2022). Economic uncertainty during COVID-19 pandemic in Latin America and Asia. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(1) 1-20. doi:<https://doi.org/10.1007/s13132-021-00889-5>

Ball, L., Leigh, D. & Mishra, P. (2022, October). *Understanding US Inflation During the COVID Era* (National Bureau of Economic Research Working Paper No. w30613). doi:<https://doi.org/10.3386/w30613>

Banco Mundial (2022). *DataBank* [Conjunto de datos]. PIB (a precios constantes de 2010). Recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD>

Carrera, C. & Ramírez, N. (2020). Effects of US quantitative easing on Latin American economies. *Macroeconomic Dynamics*, 24(8), 1989-2011. doi:<https://doi.org/10.1017/S1365100519000075>

De Paula, L., Saravia, P. y Ferreira, M. (2022, January). *Monetary policy in Latin America during the COVID-19 crisis: Was this time different?* (Instituto de Economía, UFRJ Discussion Paper No. 02-2022). Recuperado de: https://www.ie.ufrj.br/images/IE/TDS/2022/TD_IE_002_2022_PAULA_SARAIVA_FERREIRA.pdf

Facchinetti, S. (2009). A procedure to find exact critical values of Kolmogorov-Smirnov test. *Statistica Applicata—Italian Journal of Applied Statistics*, 21(3-4), 337-359. Recuperado de: <https://publires.unicatt.it/en/publications/a-procedure-to-find-exact-critical-values-ofkolmogorov-smirnov-te-7>

Fondo Latinoamericano de Reservas (2023). *Sistema de Información Económica*. [Conjunto de datos]. Prices. Recuperado de: <https://flar.com/sie/>

Goerg, S. & Kaiser, J. (2009). Nonparametric testing of distributions—the Epps–Singleton two-sample test using the empirical characteristic function. *The Stata Journal*, 9(3), 454-465. doi:<https://doi.org/10.1177/1536867X0900900307>

Henschen, T. (2018). What is macroeconomic causality? *Journal of Economic Methodology*, 25(1), 1-20. doi:<https://doi.org/10.1080/1350178X.2017.1407435>

Hodges, J. (1958). The significance probability of the Smirnov two-sample test. *Arkiv för matematik*, 3(5), 469-486. doi:<https://doi.org/10.1007/BFO2589501>

Holt, C. & Laury, S. (2005). Risk aversion and incentive effects: new data without order effects. *American Economic Review*, 95(3), 902-904. doi:<https://doi.org/10.1257/0002828054201459>

Jordà, Ò., Liu, C., Nechio, F. & Rivera-Reyes, F. (March 28th, 2022). Why Is US Inflation Higher than in Other Countries? *Federal Reserve Bank of San Francisco Economic Letters*. Recuperado de: <https://www.frbsf.org/economic-research/publications/economic-letter/2022/march/why-is-us-inflation-higher-than-in-other-countries/>

Lizano, E. (25 de febrero del 2022). La inflación ¿otra vez? *El Financiero*. Recuperado de: <https://www.elfinancierocr.com/opinion/la-inflacion-otra-vez/26V-45CPKCVCQPOMOH2Y73MJXZI/story/>

Mian, A., Sufi, A., & Trebbi, F. (2014). Resolving debt overhang: Political constraints in the aftermath of financial crises. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 6(2), 1-28. doi:<https://doi.org/10.1257/mac.6.2.1>

Ngure, J., & Waititu, A. G. (2021). Change Point Estimation in Volatility of a Time series using a Kolmogorov Smirnov Type Test Statistic. *Machakos University Journal of Science and Technology*, 2(3), 1-15. doi:<http://ir.mksu.ac.ke/handle/123456780/12656>

Observatory of Economic Complexity (2021). *Datos internacionales*. [Conjunto de datos]. Trade. Recuperado de:<https://oec.world/es/data-availability>

Olmo, G. (April 25th, 2022). Cómo se ha librado Bolivia de la inflación que recorre América Latina (y por qué no es tan buena noticia como parece). *BBC News Mundo*. Recuperado de:<https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-61184894>

Our World in Data (2022). *Oxford Coronavirus Government Response Tracker*. [Conjunto de datos]. COVID Stringency Index. <https://ourworldindata.org/covid-stringency-index>

Reinhart, C. & Reinhart, V. (2010, septiembre). *After the fall* (National Bureau of Economic Research Working Paper No. w16334). Recuperado de:<http://www.nber.org/papers/w16334.pdf>

Romero, R. (2020). Apuntes para el curso EC-4301: Macroeconometría. EC-4301: Macroeconometría. Universidad de Costa Rica.

Santoro, E., Petrella, I., Pfajfar, D. & Gaffeo, E. (2014). Loss aversion and the asymmetric transmission of monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 68(9), 19-36. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2014.07.009>

Shapiro, A. (June 21st, 2022). How Much do Supply and Demand Drive Inflation? *Federal Reserve Bank of San Francisco Economic Letters*. Recuperado de:<https://www.frbsf.org/economic-research/publications/economic-letter/2022/june/how-much-do-supply-and-demand-drive-inflation/#:~:text=Specifically%2C%20supply%2D%20and%20demand%2D,its%20pre%2Dpandemic%20average%20level.>

Ulate, M. (2021). Going Negative at the Zero Lower Bound: The Effects of Negative Nominal Interest Rates. *American Economic Review*, 111(1), 1-40. doi:<https://doi.org/10.1257/aer.20190848>

Young, I. (1977). Proof without prejudice: use of the Kolmogorov-Smirnov test for the analysis of histograms from flow systems and other sources. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 25(7), 935-941. doi:<https://doi.org/10.1177/25.7.894009>



UTEM

UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
METROPOLITANA

del Estado de Chile



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
METROPOLITANA
del Estado de Chile



EDICIONES UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA METROPOLITANA

ISSN: 0718-3933 (formato impreso)

ISSN: 0719-0891 (formato on-line)