

The Anáhuac
Journal
Business and Economics

Facultad de Economía y Negocios • Universidad Anáhuac México

Volume 19, Number 1 • First Semester 2019

Edited by Diana Dávila Ruíz



The Anáhuac Journal

Business and Economics



The Anáhuac Journal: Business and Economics es una revista de carácter científico de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad Anáhuac México, que se publica en los meses de enero y julio. Incluye artículos producto de investigación y estudios con resultados originales que tratan problemas de economía y negocios, así como temas vinculados a ellos. El Comité Editorial, con el apoyo de una amplia cartera de árbitros nacionales e internacionales, especializados en los temas que se publican, dictamina anónimamente los trabajos recibidos para evaluar su publicación y el resultado es inapelable. El contenido de los artículos que aparecen en cada número es responsabilidad de los autores y no compromete la opinión de los editores. Los trabajos que se presenten para su publicación deberán ser de carácter científico y ajustarse a los lineamientos que se incluyen al final de la revista.

Universidad Anáhuac México

Av. Universidad Anáhuac 46, Col. Lomas Anáhuac, C.P. 52786

Huixquilucan, Estado de México, Tel. +52 55 5627 0210

The Anáhuac Journal, Volumen 19, Número 1, Primer Semestre (enero-junio de 2019), es una publicación semestral editada por la Universidad Anáhuac del Sur, S.C., (conocida como Universidad Anáhuac México) a través de la Facultad de Economía y Negocios. Av. de las Torres núm. 131, Col. Olivar de los Padres, C.P. 01780, Ciudad de México. Tel. +52 55 5628 8800
www.anahuac.mx/mexico

Editora responsable: Dra. Diana Dávila Ruíz. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2006-101614435600-102, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Contacto

Universidad Anáhuac México
Av. Universidad Anáhuac # 46, Col. Lomas Anáhuac
Huixquilucan, Estado de México
CP 52786 Tel. (55) 5627 0210

Equipo editorial

Contacto principal
Editora
Dra. Diana Dávila Ruíz
Tel. (55) 5627 0210 x 7457 diana.davilar@anahuac.mx

Contacto de asistencia

Rebeca del Carmen Soto Manrique
Coordinación Administrativa DGEPE, Facultad de Economía y Negocios
Tel. (55) 5627 0210 x 7145 rsoto@anahuac.mx

Soporte técnico

Isidro Agustín Moya López
Dirección de Sistemas y Tecnología, Facultad de Economía y Negocios
isidro.moya@anahuac.mx

Comité Editorial

Abraham Nosnik Ostrowiak, Universidad Anáhuac México, Campus Norte
Ignacio Alejandro Mendoza Martínez, Universidad Anáhuac México, Campus Sur
Armando Román Zozaya, Instituto Universitario de Investigación Ortega y Gasset

Rajagopal, EGADE Business School

Nicolás Magner Pulgar, Finis Terrae

Luis Felipe Barrón Córdova, Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE)

Jesús Esteban Pérez Caldentey, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

Isabel Martínez Conesa, Universidad de Murcia

Francisco López Herrera, Universidad Nacional Autónoma de México

Jesús Esteban Pérez Ortega, Universidad Nacional Autónoma de México

María Gabriela Alvarado Cabrera, Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM)

Coordinador de la distribución electrónica: Agustín Moya López

Coordinador de la distribución impresa: Samanta Pérez Cervantes

The Anáhuac Journal está indexado por Latindex, CLASE y EBSCO Host.

© 2019, Facultad de Economía y Negocios, Universidad Anáhuac. Reservados todos los derechos. La publicación de los artículos en la versión impresa implica la cesión total de los derechos de autor (*copyright*) a la Facultad de Economía y Negocios. La revista se reserva el derecho de la reproducción total o parcial del trabajo en otros medios impresos, electrónicos o cualquier otra alternativa, reconociendo siempre su autoría.

THE ANÁHUAC JOURNAL

Business and Economics

Facultad de Economía y Negocios • Universidad Anáhuac México
Volume 19, Number 1 • First Semester 2019

Edited by Diana Dávila Ruíz

Contents / Contenido

Carta de la editora	9
Análisis y proyección de los rendimientos accionarios de Pfizer, en el período 2018-2020, mediante redes neuronales diferenciales	13
Alfonso Aja Kindelan Leovardo Mata Mata Jaime Humberto Beltrán Godoy	
Una nueva gobernanza en el Fonadin como estrategia para eficientar las inversiones en infraestructura	35
Daniel César Ordóñez Bustos	
Bonos verdes versus bonos convencionales: ¿existe una demanda diferenciada en México?	59
Rogelio Arellano Cadena Lucía Pérez Delgado	
Lineamientos para los autores	89

Carta de la editora

Estimados lectores:

Durante la preparación de este número, tuve la fortuna de intercambiar ideas con nuevos revisores extranjeros, destacados investigadores en el ámbito público y brillantes empresarios que se unieron a colaborar con la revista. Es hoy a quienes quiero dedicar esta edición. Brindar un espacio de sus agendas para ofrecer sus observaciones, sus opiniones y aportar para la generación de conocimiento y la mejora de la investigación es un regalo invaluable.

El presente volumen nos ofrece una interesante propuesta de la predicción accionaria, a través de redes neuronales (RNA), de Pfizer, organización que se ha dedicado al desarrollo de medicamentos innovadores para mejorar la salud y el bienestar de las personas. Las RNA son modelos matemáticos heurísticos que buscan emular el funcionamiento del cerebro humano y se utilizan en el reconocimiento de patrones, planeación, pronóstico y optimización. Las RNA aprenden y procesan información simultáneamente con base en restricciones y ponderaciones que se actualizan constantemente y son un campo muy importante de la inteligencia artificial. Agradecemos al empresario Alfonso Aja y a los doctores Leovardo Mata y Jaime Humberto Beltrán por su valiosa aportación.

Otra interesante colaboración trata del ámbito de la infraestructura en México. En esta, se realiza un análisis para detectar áreas de oportunidad y se enuncian una serie de criterios, en el marco de una propuesta de nueva gobernanza de la infraestructura en el país. El Dr. Ordoñez, con su amplia experiencia profesional en el campo de la evaluación y el financiamiento de proyectos, ofrece tres directrices para asegurar la accesibilidad a financiamiento, que constituye el elemento central de la integración del sistema económico, social y territorial en el espacio geográfico de un país.

En otro tema de suma relevancia se propone identificar si existe una diferenciación por parte de los inversionistas en México entre su demanda de un bono verde y de un bono convencional. Para poder dar una mejor respuesta a esta incertidumbre, que no ha sido evaluada, los autores realizan dos ejercicios para determinar con una mejor confiabilidad los hallazgos, concluyendo que las posturas de demanda de bonos verdes sí tiene una distribución diferente a la de los bonos convencionales. Cuando se compararon bonos con el mismo plazo de vencimiento fue factible concluir que los inversionistas están dispuestos a aceptar una menor tasa a cambio de



la adquisición de bonos verdes. Los Dres. Rogelio Arellano y Lucía Pérez sugieren que estos son un instrumento relevante para financiar proyectos ambientalmente amigables y, así, desarrollar el mercado verde.

Finalmente, solo me queda agradecer al equipo editorial y administrativo de *The Anáhuac Journal*, a los lectores y, sobre todo, a los autores, por su valioso apoyo para la continuidad del éxito y la calidad de la revista.

Dra. Diana Dávila Ruíz

Editora

The Anáhuac Journal

Artículos



MÉXICO

Análisis y proyección de los rendimientos accionarios de Pfizer, en el período 2018-2020, mediante redes neuronales diferenciales

Alfonso Aja Kindelan
Socio fundador de El Pescau

Leovardo Mata Mata
Universidad Anáhuac México

Jaime Humberto Beltrán Godoy
Universidad Anáhuac México

Artículo recibido el 17 de diciembre de 2018
y aprobado el 24 de abril de 2019

Resumen

En este trabajo se utiliza una red neuronal diferencial (DNN, por sus siglas en inglés) para proyectar los rendimientos accionarios de Pfizer en el período 2018-2020. El modelo emplea datos trimestrales, al cierre del período, del precio de la acción de la empresa (P), ventas netas (VN), activos totales (AT) y cuentas por cobrar (CC). Los resultados señalan una bondad de ajuste superior de las DNN frente a los métodos convencionales, pues el error en el pronóstico out sample es inferior al 5%. Este hallazgo contribuye con evidencia empírica para afirmar que las DNN ofrecen mayor robustez predictiva de los rendimientos accionarios de Pfizer.

Palabras clave: *redes neuronales, pronóstico, rendimientos accionarios.*
Clasificación JEL: *C45, C51.*

Abstract

In this paper, a differential neural network (DNN) is used to project Pfizer's stock returns in the 2018-2020 period. The model uses quarterly data, at the end of the period, the price of the company's stock (P), net sales (NS), total assets (TA) and accounts receivable (AR). The results are compared with the classic regression models and there is evidence of the superior goodness of fit of the DNN, compared to conventional methods, since the error in out sample forecast is less than 5%.

Keywords: *neural networks, forecast, stock returns.*

JEL Classification: *C45, C51.*

1. Introducción

Pfizer Inc. es una empresa dedicada al desarrollo, producción y distribución de medicamentos en la industria farmacéutica, con altos ingresos en los últimos años.

Sin embargo, debido a la elección del nuevo presidente Donald Trump en Estados Unidos, existe mucha incertidumbre sobre el futuro de la empresa, ya que él ha propuesto disolver el Obama Care, una reforma implementada por su antecesor (enfocada en disminuir el costo y mejorar el acceso a la salud, mediante regulaciones e impuestos), por lo que el análisis del precio de la acción que se realiza en este trabajo resulta relevante y pertinente.

Por ello, se elaborará un breve análisis financiero de la empresa Pfizer, con lo cual se tendrá un esquema que permita proyectar los rendimientos accionarios de la organización, mediante redes neuronales diferenciales, hacia el período 2016-2020.

El proyecto está dividido en tres apartados, que se describen a continuación.

En el primero, se presentará el marco teórico que respalda el enfoque de estimación utilizado. En el segundo, se describirá brevemente la metodología, siguiendo los esquemas y especificaciones descritos en el primer apartado. Luego, en la tercera sección se analizará el precio de la acción para los años 2016-2020, considerando las variables de tendencia determinística, ventas netas, activos totales, las cuentas por cobrar y un término de perturbación aleatoria, pues se vinculan con el precio de la acción de Pfizer, como sugiere el enfoque de Londoño, Lopera y Restrepo (2010).

Finalmente, las proyecciones financieras del precio de la acción y su volatilidad se calcularán mediante las premisas heurísticas de una red neuronal diferencial (DNN, por sus siglas en inglés) y la información histórica disponible. El objetivo es predecir la posible dirección que la empresa puede tomar en los próximos cinco años, de acuerdo con el comportamiento del precio de su acción. Dicho ejercicio no solo es útil para estudiar los rendimientos accionarios de la empresa, sino también como herramienta para la toma de decisiones de inversión.

2. Marco teórico

La teoría de la estructura de capital trata sobre las proporciones de financiamiento, en el costo explícito y el implícito de la deuda y del costo de capital. El análisis correcto de la estructura de capital busca explicar su comportamiento a lo largo del tiempo, donde los flujos de efectivo son un factor clave para estudiar la empresa. Esto es relevante porque se vinculan

los flujos con el costo promedio ponderado de capital (WACC) y con el modelo CAPM, así que se puede establecer un puente entre diversas variables contables de la empresa y los rendimientos accionarios (Ross *et al.*, 2012).

Asimismo, la teoría de riesgo de mercado busca cuantificar las pérdidas para observar grados de sensibilidad en relación con situaciones de mercado. La teoría de riesgo de mercado tiene como punto central una frontera de eficiencia, que maximiza rendimientos y minimiza riesgo. Aunque estos temas se aplican usualmente a los portafolios de inversión, puede emplearse dicho enfoque para valorar el grado de incertidumbre de un activo, en particular el precio de una acción (Lara, 2009).

A este respecto, si bien es cierto que el precio de una acción se encuentra sujeto al juego de la oferta y la demanda, asumir riesgos y enfrentarse a situaciones inesperadas también desempeñan un papel clave. En ese caso, el precio puede fluctuar de un período a otro, sin que se tengan identificados claramente los factores de riesgo causales (Sirghi, 2012).

Existen básicamente dos componentes: un elemento sistemático y otro no sistemático. El primero puede analizarse mediante la consideración de aquellas variables que, según la teoría de la estructura de capital, influyen y determinan parte del precio de la acción, como son ventas netas, activos totales, cuentas por cobrar, entre otras variables financieras, así como las razones correspondientes (Tricker, 2009).

El segundo componente no es observable y usualmente puede tratarse como una perturbación aleatoria, la cual puede simularse o al menos se busca controlar para que el grado de incertidumbre sea menor (Hornik, Stinchcombe y White, 1989).

La principal ventaja que se reporta en la bibliografía, en relación con las dos teorías señaladas, es que tienen un soporte teórico amplio que permite medir diversos aspectos de la empresa y el mercado. No obstante, su principal debilidad surge de la complejidad de uso de sus elementos, ya que las relaciones matemáticas oscurecen la interpretación de los resultados o encarecen los puentes entre la dinámica real de la empresa y los modelos económicos con distribuciones de probabilidad poco prácticas (Venegas, 2013).

Los dos enfoques teóricos anteriores son necesarios para justificar el vínculo entre los rendimientos accionarios de Pfizer y las variables internas de la empresa, tales como las ventas netas (VN), los activos totales (AT) y las cuentas por cobrar (CC), sin importar la periodicidad de la información. En particular, este documento realiza las estimaciones con datos trimestrales, al cierre del período, pues la disponibilidad de la información de todas las variables a nivel semanal o diario es limitada.

Ahora bien, es importante señalar que en economía y finanzas se han vinculado estos dos enfoques mediante diversas técnicas numéricas, entre las

que sobresalen mínimos cuadrados ordinarios, modelos ARIMA-GARCH y redes neuronales artificiales —ANN, por sus siglas en inglés— (León *et al.*, 2018).

Las ANN han presentado un alto desempeño para la predicción de rendimientos de diversos activos financieros en comparación con otras técnicas estadísticas (Misas, López y Borrero, 2002). Esto se debe a que las ANN son técnicas heurísticas que realizan aproximaciones según el comportamiento histórico no lineal de las series de datos (Ospina y Zamprogno, 2003; León *et al.*, 2018).

En particular, las ANN se han empleado en el estudio de los mercados financieros desde mediados de los años ochenta. Por ejemplo, en Estados Unidos comenzaron a utilizarse en 1985 para el análisis y pronóstico del sector bursátil, donde las redes neuronales perceptrón multicapa (ANN-M, por sus siglas en inglés) se desempeñaron mejor que los modelos de regresión lineal, aunque no al nivel esperado por los analistas (White, 1988).

Desde entonces, la aplicación de las ANN se ha popularizado en diferentes áreas, tanto de las ciencias sociales como de las ciencias naturales. Sin embargo, en cada caso los resultados son heterogéneos. La bondad de ajuste depende de la cantidad de información disponible para entrenar a la ANN, además de que la implementación numérica y la supervisión del entrenamiento no es simple (Landassuri *et al.*, 2013).

Diversos autores, tales como Ortiz, Llanos y Herrera (2013) y Pao (2008), han combinado las ANN con diversos modelos para calibrar redes neuronales robustas, tales como medias móviles, suavizamiento exponencial, análisis de regresión, modelos ARIMA-GARCH e incluso con especificaciones más sofisticadas como datos de panel, vectores autorregresivos (VAR) y lógica difusa.

Las ventajas que se obtienen al combinar las ANN con algún procedimiento clásico se pueden clasificar en cuatro: aprendizaje adaptativo, auto-organización, pronósticos robustos y tiempo de computo manejable para la toma de decisiones (Ortiz, 2017).

Además, resulta conveniente mencionar que han aparecido variantes de las ANN, dependiendo del tipo de datos que se va a estudiar, así como de las variables disponibles para construir el modelo heurístico asociado con la red. Entre los diversos tipos de ANN sobresalen las redes diferenciales, porque emplean técnicas de análisis de estabilidad de acuerdo con la función de Liapunov, que es una herramienta de la teoría de sistemas dinámicos que se utiliza para establecer el desarrollo de las leyes de aprendizaje y controlar la estabilidad de la ANN (Ortiz, Llanos y Herrera, 2013).

En este trabajo, se emplea una red neuronal diferencial, ya que se han obtenido resultados robustos para diversos mercados accionarios, tales

como Nasdaq y el índice S&P-500 (Moghaddam, Moghaddam y Esfandyari, 2016), así como el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC-35; Ortiz, 2017).

En el siguiente apartado se detalla con más cuidado la definición y estructura de una ANN.

Redes neuronales

En este apartado, se explica la metodología de redes neuronales y se explora el comportamiento de los rendimientos accionarios de Pfizer, en el período 1995-2017. El modelo emplea datos trimestrales, al cierre del período, del precio de la acción de la empresa (P), ventas netas (VN), activos totales (AT) y cuentas por cobrar (CC). Es importante señalar que se estima también una regresión en series de tiempo, con fines comparativos, para establecer las ventajas de pronóstico de las ANN frente a los métodos convencionales.

Las ANN son modelos matemáticos heurísticos que buscan emular el funcionamiento del cerebro humano, pues establecen relaciones no lineales entre las entradas y las salidas de un proceso específico, pero bajo un enfoque de aprendizaje adaptativo, auto-organización y funcionamiento paralelo (Toro, Mejía y Salazar, 2004).

Este tipo de modelos se ha empleado con éxito en el reconocimiento de patrones, planeación, pronóstico y optimización (Villada, Muñoz y García, 2012). La ventaja comparativa de las ANN, frente a los algoritmos convencionales, radica en que no se ejecutan instrucciones secuenciales, sino que se trabaja en paralelo a las entradas y salidas que se presentan (Ortiz, Llanos y Herrera, 2013).

Las ANN no corren un programa, sino que aprenden y procesan información simultáneamente con base en restricciones y ponderaciones que se actualizan constantemente. No obstante, como no se ejecuta un código paso a paso, resulta más difícil detectar errores (Toro, Mejía y Salazar, 2004).

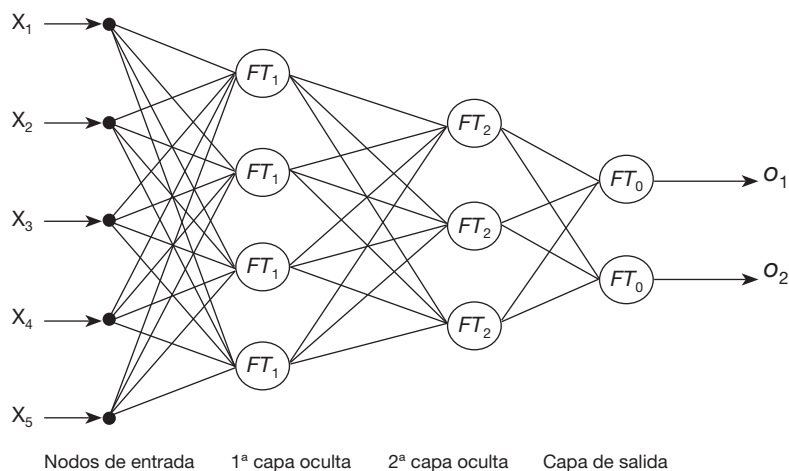
El esquema de redes neuronales más utilizado se llama propagación hacia delante (perceptrón multicapa) y se presenta en la figura 1. Las variables de entrada X_1, X_2, X_3, X_4 y X_5 se procesan en las neuronas (unidades de proceso) FT_0, FT_1 y FT_2 donde se establece un sistema de retroalimentación entre las entradas y las salidas O_1 y O_2 . Las unidades de proceso son funciones que relacionan todas las variables bajo algún esquema teórico o empírico.

La magnitud de los valores estimados en las unidades de proceso cobra relevancia dentro de la red, mediante diversos umbrales de decisión. Los umbrales de decisión y activación emplean distribuciones de probabilidad, siendo la más utilizada la función sigmoide dada por:

$$f_k(FT_k) = \frac{1}{1 + \exp(-FT_k/\sigma)} \quad (1)$$

donde $\sigma > 0$ es un parámetro de ajuste y k el número de capas (etapas de procesamiento) que se tienen en la ANN.

Figura 1. ANN clásica



Fuente: Villada, Muñoz y García (2012).

En términos sencillos, puede pensarse que las salidas quedan expresadas como una combinación ponderada de las entradas que han sido analizadas por las neuronas:

$$O_i = \sum_j w_{ij} f_j(FT_j) \quad (2)$$

donde w_{ij} son las ponderaciones para $i = 1, 2, \dots, n$ salidas y $j = 1, 2, \dots, m$ entradas.

El número de variables de entrada depende directamente de la información disponible, mientras que el número de neuronas empleadas es igual al número de clases en que puedan analizarse los conjuntos de datos (Foix y Weber, 2017). Las unidades de una capa se conectan unidireccionalmente con las de la siguiente, en general todas con todas, sometiendo sus salidas a la multiplicación por un peso w_{ij} que es diferente para cada una de las conexiones (Toro, Mejía y Salazar, 2004).

Más aún, cuando se trata de una red neuronal artificial diferencial se asume que tanto los valores de entrada como los de salida pueden ser medibles, por lo que forman parte vital del entrenamiento de la red (Landassuri *et al.*, 2013).

Matemáticamente, la red neuronal diferencial puede describirse mediante una ecuación diferencial (Cabrera *et al.*, 2007) dada por

$$\dot{x}_t = Ax_t + W_{1,t}\sigma(x_t) + W_{2,t}\varphi(x_t)u_t \quad (2)$$

Donde $x_t \in \mathbb{R}^n$ es el estado de la DNN, u_t es la entrada que proviene de los modelos de calibración, $W_{1,t} \in \mathbb{R}^{n \times k}$ es la matriz de pesos de la capa de estados de retroalimentación, $W_{2,t} \in \mathbb{R}^{n \times k}$ es la matriz de pesos de la capa de entrada, A es una matriz cuyos coeficientes se determinan en el entrenamiento de la ANN y σ, φ son funciones de activación tipo sigmoide.

Los pesos de la DNN se ajustan de acuerdo con las ecuaciones diferenciales matriciales dadas por $\dot{W}_{1,t} = -K_1P(\chi_0 - \chi_t)\sigma^T$ y $\dot{W}_{2,t} = -K_2P(\chi_0 - \chi_t)u^T$, siendo χ_0 una condición inicial, K_1 y K_2 constantes a determinar y la solución de la ecuación diferencial riccatiana, la cual se define como:

$$A^tP + PA + PRP + Q = 0 \quad (3)$$

Donde R y Q son matrices definidas positivas (Ortiz, 2017).

En este trabajo se emplea la DNN bajo la función sigmoide de la ecuación (1) y bajo los modelos de calibración que corresponden a regresión múltiple en series de tiempo. El objetivo es establecer un marco comparativo entre dichos procedimientos versus la DNN, y evaluar su desempeño. Este enfoque sigue los pasos señalados por (Cabrera *et al.*, 2007) y Ortiz (2017).

En la siguiente sección, se describirá brevemente el procedimiento que se utilizará en las estimaciones de la red neuronal artificial diferencial.

Metodología

El algoritmo que se emplea en este trabajo se basa en modelos de regresión en series de tiempo para entrenar la red neuronal artificial diferencial, como se realiza en Ortiz (2017). Además, se usan dos capas de salida, donde se tienen como unidades de proceso las siguientes especificaciones:

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_3 P_{t-1} + u_t \quad (4)$$

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 VN_{t-1} + \beta_2 AT_{t-m} + \beta_3 CC_{t-n} + u_t \quad (5)$$

Donde P_t es el precio de la acción, t es una variable de tendencia, VN_t son las ventas netas, AT_t son los activos totales, CC_t son las cuentas por cobrar y u_t es la perturbación aleatoria. Los términos l, m, n representan los rezagos de ajuste según la bondad de ajuste.

El proceso de estimación se realiza en el *software* R-Studio y se divide en dos etapas:

- a) Las ecuaciones (4) y (5) se estiman en el período 2009-2016 mediante mínimos cuadrados generalizados (*in sample*) y sirven como condición inicial para las neuronas (unidades de proceso). Se elige este período muestral dada la volatilidad de la crisis financiera en el año 2008-2009.
- b) Posteriormente, mediante la red neuronal, se realiza la proyección de los dos primeros trimestres de 2017 y se compara con los datos observados (*out sample*).

El desempeño de los modelos de regresión y de la DNN se realiza mediante el error absoluto porcentual promedio (MAPE, por sus siglas en inglés) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE, por sus siglas en inglés), cuyas expresiones son:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2} \quad (6)$$

$$MAPE = \frac{100}{T} \sum_{t=1}^T \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \quad (7)$$

Donde y_t es el dato observado, \hat{y}_t es el dato pronosticado y T es el total de observaciones.

En la siguiente sección, bajo el esquema anterior y con los indicadores señalados, se presentan el conjunto de estimaciones para el precio de la acción de la empresa Pfizer.

3. Resultados preliminares

En la primera fase de este conjunto de estimaciones, se realizó un análisis exploratorio de los precios y rendimientos de la acción Pfizer. Posteriormente, se llevaron a cabo las estimaciones con los modelos de regresión en series de tiempo y la DNN.

Análisis histórico cuantitativo

En este apartado, se revisarán las cifras de la empresa Pfizer y los conceptos de las variables más relevantes que permitan analizar la situación presente y futura de la organización.

Los ingresos de la industria farmacéutica han ido creciendo a ritmos de 6.6 % anual en promedio los últimos diez años (Pfizer, 2017). Dentro de las ventas de Pfizer, el mercado con mayor participación ha sido el estadounidense, con un promedio de 41 % en los últimos cinco años, seguido por el mercado de los países desarrollados europeos con 23 % y por los mercados emergentes, cuyo porcentaje ha aumentado a 21 %.

En relación con los costos de ventas, se han mantenido en un promedio de \$9.6 miles de millones de dólares de 2012 a 2015. El costo de ventas de 2011 a 2012 se redujo 21 %, pasando de \$12.5 millones de dólares a \$9.8 mil millones de dólares. Desde 2012, el costo de ventas se ha mantenido estable, presentando variaciones mínimas año con año. En 2013, se redujo 2 % en comparación con 2012 debido a la pérdida de exclusividad de ciertos productos en varios mercados.

Los gastos de operación de Pfizer incluyen aquellos por concepto de administración y ventas, investigación y desarrollo, amortización, reestructura y M&A (por sus siglas en inglés), entre otros, los cuales en conjunto representan, en promedio de los últimos cinco años, el 58 % de las ventas totales. Los gastos operativos de la empresa estuvieron disminuyendo en gran medida de 2011 a 2013, incluyendo los de administración y ventas, de reestructura y M&A.

Como puede observarse en la tabla 1, los gastos operativos pasaron de representar 56 % de las ventas totales en 2014 a 62 % en 2015. Esto se explica por la compra de Hospira, pues los relativos a la reestructura y M&A se incrementaron 361 %. Además, los gastos de administración y ventas aumentaron 5 % año con año debido a una mayor inversión en productos biofarmacéuticos y marcas del Consumer Healthcare (Damodaran, 2018).

En 2014, los gastos de operación aumentaron 5.7 %, en comparación con 2013, debido a mayores gastos de investigación y desarrollo (25.7 % año con año), pese a que todos los otros gastos disminuyeron. El porcentaje que representan los gastos operativos de Pfizer de las ventas totales se ha mantenido en un rango de 50 % a 62 % durante los últimos cinco años, mientras que el porcentaje que representan el costo de ventas sobre las ventas se ha mantenido en un rango de 18 % a 21 % (Pfizer, 2017).

La inversión de Pfizer en Investigación y Desarrollo (I+D) es relevante, ya que la empresa debe innovar constantemente, pues se requieren años de trabajo para consolidar un nuevo medicamento. El departamento de I+D de Pfizer está dividido en seis grandes áreas: pequeñas y grandes moléculas, inmunología e inflamación, enfermedades cardiovasculares y metabólicas, oncología, vacunas, neurociencia y dolor y enfermedades anormales, y todas ellas permiten mayor eficiencia en el desarrollo de nuevos productos.

Tabla 1. Cambio porcentual de gastos de operación (2011-2015; millones de dólares)

Gastos de operación	2011	2012	2013	2014	2015
Investigación y desarrollo	8681	7482	6678	8393	7690
% Variación a/a	-7.6 %	-13.8 %	-10.7 %	25.7 %	-8.4 %
% de ventas netas	14.2 %	13.7 %	12.9 %	16.7 %	15.7 %
Gastos de ventas y administración	17 581	15 171	14 355	14 097	14 809
% Variación a/a	-9.7 %	-13.7 %	-5.4 %	-1.8 %	5.1 %
% de ventas netas	28.8 %	27.8 %	27.8 %	28.4 %	30.3 %
Gastos de amortización	5465	5109	4599	4039	3728
% Variación a/a	1.1 %	-6.5 %	-10.0 %	-12.2 %	-7.7 %
% de ventas netas	9.0 %	9.3 %	8.9 %	8.1 %	7.6 %
Gastos de reestructura y M&A	2841	1810	1182	250	1152
% Variación a/a	-14.6 %	-36.3 %	-34.7 %	-78.8 %	360.8 %
% de ventas netas	4.7 %	3.3 %	2.3 %	0.5 %	2.4 %
Otros ingresos (gastos)	2486	4022	-532	1009	2860
% Variación a/a	-42.7 %	-61.8 %	-113.2 %	-289.7 %	-183.4 %
% de ventas netas	4.1 %	7.4 %	-1.0 %	2.0 %	5.9 %
Total de gastos operación	37 054	33 597	26 282	27 788	30 239
% Variación a/a	-11.6 %	-9.3 %	-21.8 %	-5.7 %	-8.8 %
% de ventas netas	60.7 %	61.5 %	50.9 %	56.0 %	61.9 %

Fuente: elaboración propia con datos de Pfizer.

Los gastos en I+D disminuyeron en 2015 debido a que se redujeron aquellos en ensayos clínicos, acuerdos de licencia, así como por el impacto favorable de 2 % en divisas. En 2014, los gastos de I+D aumentaron 26 % en relación con 2013 debido a un acuerdo en el que, en colaboración con Merck, se desarrollaría y comercializaría Avelumab, un tratamiento potencial contra varios tipos de cáncer. En 2013 estos gastos disminuyeron 11 % año con año debido a que en 2012 se realizó un pago no recurrente a AstraZeneca para obtener la exclusividad y derechos del producto Nexium (Pharma, 2016).

Durante 2015, las utilidades netas disminuyeron 20 % más con respecto al año anterior, a causa de una caída en sus ingresos y a un aumento en el costo de ventas y administración, principalmente por las fusiones y adquisiciones que ha realizado (Godoy, 2013).

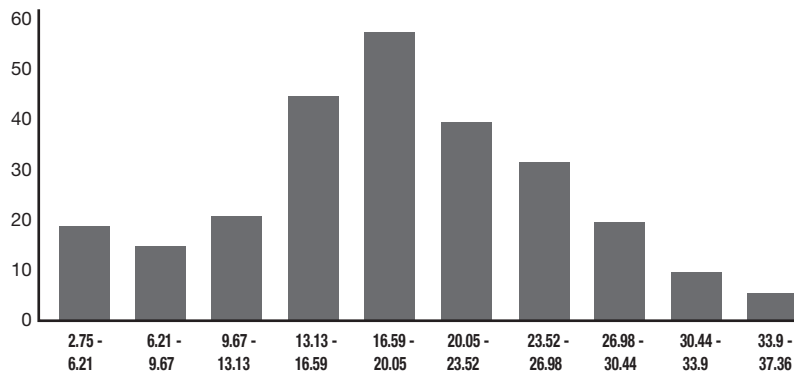
En relación con la estructura de capital de Pfizer, en 2015 consiste aproximadamente en 16 % de deuda y 84 % de capital. De hecho, según el modelo de Capital Asset Pricing Model (CAPM), el costo de capital de la empresa se ha ubicado en un rango de 5 % a 8 % durante los últimos seis años. En 2015, el costo de capital fue de 7.4 %, menor al promedio de la industria de 8.37 % (Pfizer, 2017).

Adicionalmente, el WACC (Weighted Average Cost of Capital), que es el costo ponderado del capital, ha permanecido en un rango de 4.78 % a 7.13 % durante los últimos seis años, alcanzando un promedio de 5.9 % anual (Damodaran, 2018).

Si se elabora un histograma con los precios de la acción, se infiere que el precio de esta ha estado en niveles altos con menor frecuencia, véase la gráfica 1. Los precios de las acciones de Pfizer se han valuado desde un precio mínimo de \$2.75, hasta un máximo de \$37.36, lo cual señalaba una tendencia positiva, con excepción de 2008, año de la crisis financiera.

Si se analiza el rendimiento del precio de la acción en el intervalo 2000-2016, se tiene una oscilación desde un -19.4 % hasta 13.8 %. De hecho, si se calcula el rendimiento promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación por períodos de cinco años, se tiene que la volatilidad de la acción se ha mostrado estable.

Gráfica 1. Histograma (en dólares)



Fuente: elaboración propia con datos de Pfizer y Economática.

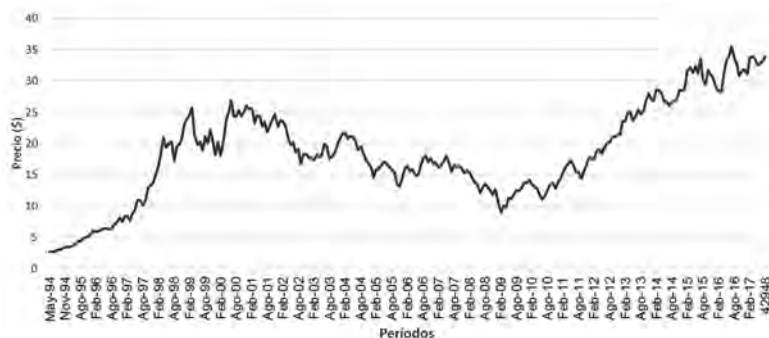
En la siguiente sección se presentará brevemente el marco teórico que permite vincular las variables y los indicadores que se han presentado hasta ahora. El objetivo es emplear la mayor información disponible para calibrar una red neuronal robusta y proyectar con la mayor precisión posible la evolución del precio de la acción de Pfizer en los años 2018-2020.

Datos de la muestra

La DNN que se emplea para proyectar los rendimientos de la acción de Pfizer utiliza un esquema de propagación hacia adelante y se estima en el paquete R.

La variable de salida es el precio trimestral (P) de cierre de la acción de Pfizer. En la gráfica 2 puede apreciarse que los movimientos anuales muestran una tendencia positiva, con excepción de 2008, año de la crisis financiera, pero el precio se recupera y sube hacia 2015. En febrero de 2015, el precio de la acción subió 10.6% anual y 10.7% m/m (mes a mes), tras el anuncio de la compra de Hospira. Sin embargo, en noviembre de ese año la acción disminuyó 2.3% m/m, después de que la compañía anunció la posible fusión con Allegran. Esto indica la volatilidad del mercado y su influencia en Pfizer.

Gráfica 2. Precio de la acción de Pfizer, 1994-2017



Fuente: elaboración propia.

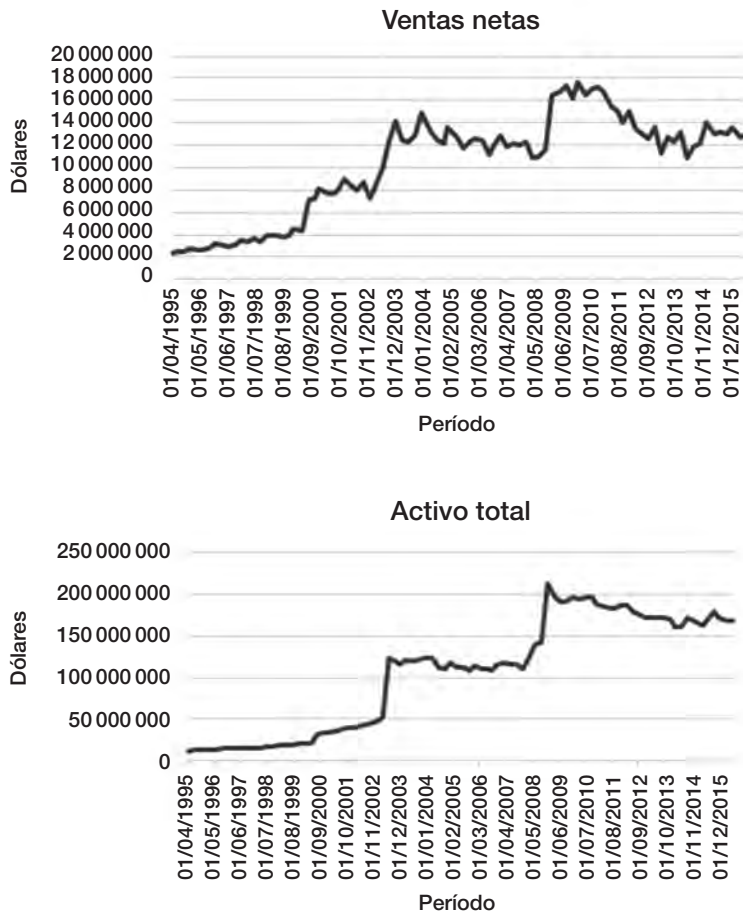
Las variables de entrada corresponden a las series de tiempo trimestrales de ventas netas (VN), cuentas por cobrar (CC) y activos totales (AT) de la empresa Pfizer en el período 1995-2017, véase la gráfica 3.

En la gráfica 3 puede observarse que los activos promedio de la empresa han estado disminuyendo; de hecho, solo el crédito mercantil ha aumentado en este lapso. No obstante, Pfizer es una empresa que tiene activos altos en comparación con sus operaciones y utilidades. En el caso de las ventas netas, estas han mostrado una tendencia negativa, pasando de \$61 035 millones de dólares en 2011 a \$48 851 millones de dólares en 2015. Los años en que se reportaron los mayores decrementos en ventas fueron 2011 y 2012, debido a una disminución operativa de \$4.8 mil millones de dólares, como resultado de la pérdida de exclusividad de ciertos productos, como el Lipitor, y por el impacto desfavorable del tipo de cambio (Pfizer, 2017).

Si se observa la gráfica de las cuentas por cobrar, se tiene una tendencia a la baja; esto es en parte debido a la disminución de los ingresos brutos de la empresa en los últimos años, así como también a un aumento de participación de mercado, pues con la adquisición de otras empresas, crece su posición en el sector (Pfizer, 2017).

Uno de los decrementos más destacados de cuentas por cobrar se da en 2013 debido a que el año anterior se efectuó la venta de una empresa de nutrición infantil a Nestlé, por lo que se traspasaron algunas de las cuentas por cobrar en la venta. En el resto de los años, las cuentas por cobrar disminuyeron aproximadamente en la misma proporción que las ventas (Pfizer, 2017).

Gráfica 3. Variables de entrada en la DNN





Fuente: elaboración propia.

4. Estimación comparativa para la DNN

A lo largo de este apartado, se muestran los cálculos necesarios para proyectar el precio de la acción de Pfizer y se presenta también una discusión sobre los resultados encontrados.

En la tabla 2 puede observarse la estimación de la ecuación (4) y cómo los coeficientes son significativos al menos al 99 % de confianza. El componente de tendencia y el precio del trimestre anterior tienen un efecto positivo sobre el precio de la acción.

El coeficiente de determinación es ligeramente superior a 95 % y, según el estadístico F, las variables incluidas son relevantes para explicar la variable dependiente.

Es importante comentar que en el modelo de regresión uno, de la tabla 2, se tiene evidencia para afirmar que no existen problemas de autocorrelación serial ni de heterocedasticidad. Esto debido al nivel del estadístico Durbin-Watson y al valor p de las pruebas de hipótesis. Las afirmaciones anteriores son análogas para el modelo de regresión dos de la tabla 3, salvo que el coeficiente de determinación es 84.18 %.

Las ecuaciones estimadas de las tablas 2 y 3 se emplearán como punto de partida dentro de la DNN. De esta forma, se iniciará con el proceso de realimentación para proyectar el precio de la acción de la empresa Pfizer.

Tabla 2. Modelo de regresión uno

Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico t	Valor p
C	-18.0403	5.4488	-3.3109	0.0025
@TREND	0.4057	0.1162	3.4903	0.0016
PRECIO(-1)	0.4902	0.1514	3.2389	0.0030
R-cuadrado	0.9527		C. I. Akaike	3.9579
R-cuadrado ajustado	0.9494		C. I. Schwarz	4.0953
Estadístico F	291.8431		C. I. HQ	4.0034
Valor p	0.0000		Durbin Watson	2.0063
Test de heteroscedasticidad			Test Ljung-Box	
Estadístico F	0.2474		Estadístico JB	6.2575
Valor p	0.6226		Valor p	0.2823

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Modelo de regresión dos

Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico t	Valor p
VN(-3)	0.000000835	0.000000372	2.2432	0.0324
AT(-1)	0.000000294	0.000000038	7.8623	0.0000
CC(-1)	-0.000004530	0.000000392	-11.5692	0.0000
C	10.201670000	5.256472000	1.9408	0.0617
R-cuadrado	0.8418		C. I. Akaike	5.2873
R-cuadrado ajustado	0.8260		C. I. Schwarz	5.4668
Estadístico F	53.2213		C. I. HQ	5.3485
Valor p	0.0000		Durbin Watson	2.0020
Test de heteroscedasticidad			Test Ljung-Box	
Estadístico F	0.0239		Estadístico JB	4.2388
Valor p	0.8782		Valor p	0.3751

Fuente: elaboración propia.

Al comparar el desempeño de los modelos de regresión, se encuentra que el modelo uno tiene un error más pequeño de pronóstico, de 6.77 % dentro de la muestra contra 14.65 % del modelo dos. El resultado es similar fuera de la muestra, donde el modelo uno tiene un error de 6.88 %

versus 14.98 % de la otra ecuación. La conclusión es la misma si se emplea como criterio el error cuadrático medio.

Sin embargo, cuando se conjugan estos modelos dentro del esquema de las unidades de proceso de la DNN, se tiene un error de pronóstico fuera de la muestra de 4.53 %, más pequeño que ambas ecuaciones.

En la tabla 5 se presentan las proyecciones para el precio de la acción de Pfizer desde el tercer trimestre de 2017 hasta el último trimestre de 2020. Con base en esos cálculos, se tienen el rendimiento proyectado de la acción de la empresa y el intervalo de confianza para el precio (99 % de confianza).

Puede apreciarse que el rendimiento va disminuyendo conforme transcurren los trimestres, a pesar de la tendencia al alza. Además, el precio mínimo que se estima para la acción es \$41.06, con un precio máximo de \$53.04 hacia 2020.

Tabla 4. Bondad de ajuste

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	In sample	Out sample	In sample	Out sample	In sample	Out sample
RMSE	1.5941	2.3541	3.0972	4.4251	NA	1.4751
MAPE	6.77 %	6.88 %	14.65 %	14.98 %	NA	4.53 %

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la tabla 5 se muestran mediante una gráfica de abanico (véase gráfica 4), donde se aprecia cómo el intervalo de confianza es asimétrico, es decir, está sesgado hacia precios altos. También se aprecia cómo van extendiéndose los intervalos de confianza al transcurrir los trimestres hacia el año 2020.

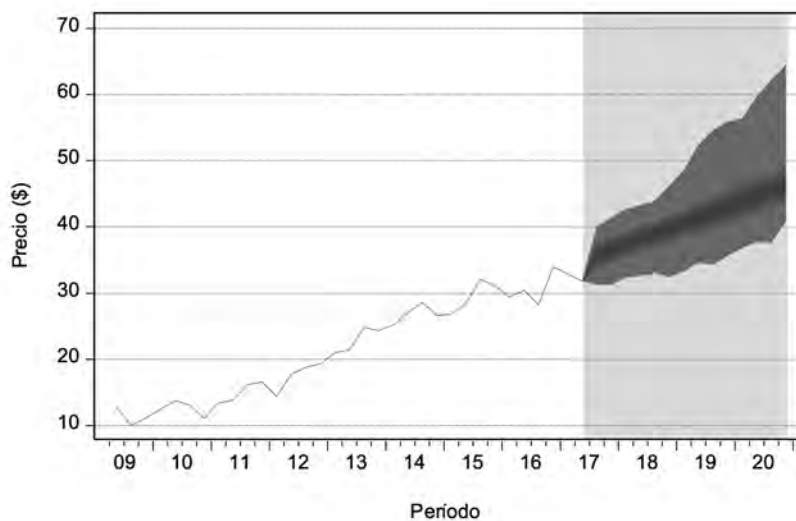
Tabla 5. Proyecciones del precio de la acción de Pfizer hacia 2020

Período	Precio proyectado (\$)	Rendimiento estimado	Intervalo de confianza (99 %)
2017Q3	34.08	6.79 %	(30.58, 39.08)
2017Q4	35.58	4.31 %	(32.16, 40.45)
2018Q1	36.72	3.16 %	(31.86, 42.11)
2018Q2	37.69	2.59 %	(33.19, 43.26)
2018Q3	38.57	2.31 %	(33.17, 44.23)
2018Q4	39.40	2.15 %	(35.14, 44.61)
2019Q1	40.22	2.05 %	(34.05, 45.71)

Período	Precio proyectado (\$)	Rendimiento estimado	Intervalo de confianza (99 %)
2019Q2	41.03	1.98 %	(37.09, 46.83)
2019Q3	41.83	1.93 %	(37.95, 46.83)
2019Q4	42.62	1.89 %	(38.24, 48.62)
2020Q1	43.42	1.85 %	(38.65, 50.12)
2020Q2	44.22	1.82 %	(38.97, 50.19)
2020Q3	45.01	1.78 %	(39.71, 52.19)
2020Q4	45.81	1.75 %	(41.06, 53.04)

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 4. Proyecciones del precio de la acción 2017-2020



Fuente: elaboración propia.

5. Conclusiones

En este trabajo, se realizó un análisis cualitativo de la empresa Pfizer y se eligieron las ventas netas (VN), activos totales (AT) y cuentas por cobrar (CC) como variables relevantes para el precio de la acción. Estas variables se conjuntaron en un modelo de regresión en series de tiempo, que sirvió de comparación con un modelo en tendencia del precio de la acción. Ambas

especificaciones se emplearon como insumos para la implementación de una red neuronal artificial diferencial. De esta manera, se realizó la proyección del precio en el período 2016-2020 y se pudieron establecer comparaciones entre la red neuronal y los métodos convencionales.

Concretamente, las estimaciones y resultados que se encontraron señalan las ventajas de las redes neuronales, en cuanto al pronóstico, pues bajo el enfoque de aprendizaje adaptativo de la red neuronal el error de pronóstico *out sample* para el precio de la acción de Pfizer es 4.53 %, un nivel más bajo que el error estimado bajo los modelos de regresión usuales.

Esto sin duda es de gran utilidad para la empresa Pfizer, ya que la proyección del precio de la acción podría monitorearse y calibrarse constantemente, y considerar escenarios con horizontes de corto, mediano y largo plazo para la toma de decisiones.

Por otro lado, debe comentarse que las principales limitaciones de este trabajo son la disponibilidad de información con frecuencia menor a un trimestre y la naturaleza heurística de la red neuronal. En el primer caso, si se tuvieran variables financieras con frecuencia diaria, podría ampliarse la especificación de la red neuronal para proyecciones diarias del precio de la acción. En el segundo caso, como el proceso es heurístico, no pueden establecerse relaciones concretas entre las variables, solamente es posible procesarlas empíricamente para generar pronósticos con bajo error *in sample* y *out sample*.

Por ello, las líneas de investigación futuras se propondrían analizar las proyecciones de la red neuronal con datos de periodicidad más corta, en la medida de lo posible, para otras empresas o activos financieros. Asimismo, otra área de oportunidad es el análisis de las proyecciones bajo diferentes insumos de entrada en la red neuronal, ya que podría mejorarse la precisión de los pronósticos aun más y contribuir de esa manera a la toma de decisiones.

Los autores

Alfonso Aja Kindelan es licenciado en Economía y licenciado en Finanzas y Contaduría Pública por la Universidad Anáhuac México. Ha realizado estancias de estudios e investigación en Estados Unidos. Socio fundador de El Pescau y El Mar Abierto, empresas de reciente creación y ascenso rápido en la distribución y comercialización de pescados y diversos productos marinos.

Correo electrónico: aja_45@hotmail.com

Leovardo Mata Mata es doctor en Ciencias Financieras por EGADE Business School, Tecnológico de Monterrey. Maestro en Economía por El Colegio de México. Licenciatura en Física y Matemáticas en la Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional. Ha impartido seminarios y diplomados en diversas instituciones, entre las que sobresalen la Universidad Anáhuac, El Colegio de México, el Tecnológico de Monterrey, el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Iberoamericana y la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente es profesor investigador de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad Anáhuac México, consultor asociado en V&M Servicios de Consultoría S.C. y miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

Correo electrónico: leovardo.mata@anahuac.mx

Jaime Humberto Beltrán Godoy es doctor en Ciencias Administrativas por EGADE Business School, Tecnológico de Monterrey. Maestro en Ingeniería con Especialidad en Calidad y Productividad y Licenciatura en Ingeniería Industrial por el Tecnológico de Monterrey. De 2012 a 2015 fue subdirector de área en la Dirección General de Informática de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores. Ha impartido seminarios y diplomados en diversas instituciones entre las que sobresalen el Tecnológico de Monterrey, el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, la Universidad del Noreste y el Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. Actualmente, es profesor investigador de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad Anáhuac México y miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

Correo electrónico: jaime.beltrang@anahuac.mx

Referencias bibliográficas

- Chen, L. (21 de diciembre de 2015). «The Most Profitable Industries in 2016 Industry». *Forbes*. Recuperado el 1 de febrero de 2017 de: <http://www.forbes.com/sites/liyanchen/2015/12/21/the-most-profitable-industries-in-2016/#686700cd7a8b>
- Damodaran, A. (2018). Data: Current, Damodaran online (en línea). Recuperado el 26 de enero de 2018 de: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/EvaluatePharmaLtd>
- Evaluate Pharma Ltd. (2016). World Preview 2015, Outlook to 2020 (en línea). Recuperado el 8 de septiembre de: <http://info.evaluategroup.com/rs/607-YGS-364/images/wp15.pdf>
- Foix, C. y Weber, R. (2007). «Pronóstico del precio del cobre mediante redes neuronales». *Ingeniería de Sistemas*, 21 (1): 63-75.
- Godoy, E. (9 de noviembre de 2013). «La guerra de los medicamentos». *Proceso*. Recuperado el 1 de marzo de 2017 de: <http://www.proceso.com.mx/357431/la-guerra-de-los-medicamentos-2>
- Hornik, K., Stinchcombe, M. y White, H. (1989). «Multilayer Feedforward Networks and Universal Approximations». *Neural Networks* 2 (1): 359-366.
- Landassuri, V., Bustillo, C., Carbajal, J. y Sánchez, L. P. (20-23 de noviembre de 2013). «Single-step-ahead and Multi-step-ahead Prediction with Evolutionary Artificial Neural Networks». En Ruiz-Shulcoper, J., Sanniti di Baja, G. *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision and Applications*. 18th Iberoamerican Congress, CIARP 2013, Proceedings, Part II. La Habana, Cuba.
- Lara, A. (2009). *Medición y control de riesgos financieros*. México, Limusa.
- León, L. M., Landassuri, V. M., Orozco, H. y Quintana, M. (2018). «Predicción del IPC mexicano combinando modelos econométricos e inteligencia artificial». *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 13 (4): 603-629.
- Londoño, C., Lopera, M. y Restrepo, S. (2010). «Teoría de precios de arbitraje. Evidencia empírica para Colombia a través de redes neuronales». *Revista de Economía del Rosario*, 13 (1): 41-73.
- Moghaddam, A. H., Moghaddam, M. H. y Esfandyari, M. (2016). «Stock market index prediction using artificial neural network». *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 21 (41): 89-93.
- Misas, M., López, E. y Borrero, P. (2002). «La inflación en Colombia: una aproximación desde redes neuronales». *Ensayos sobre política económica*, 41 (42): pp. 143-214.
- Pao, H. T. (2008). «A comparison of neural network and multiple regression analysis in modeling capital structure». *Expert Systems with Applications*, 35 (3): 720-727.
- Ortiz, F. (2017). «Pronóstico de precios de petróleo: una comparación entre modelos GARCH y redes neuronales diferenciales». *Investigación económica*, 76 (300): 105-126.

- Ortiz, F. O., Llanos, A. I. C. y Herrera, F. L. (2013). «Pronóstico de los índices accionarios DAX y S&P 500 con redes neuronales diferenciales». *Contaduría y Administración*, 58 (3): 203-225.
- Ospina, R. M. y Zamprogno, B. (2003). «Comparación de algunas técnicas de pronóstico y análisis de series de tiempo». *Revista Colombiana de Estadística*, 26 (2): 129-157.
- Pfizer (2017). ¿Quiénes somos? (sitio de internet). Recuperado de: <https://www.pfizer.com.mx/content/historia-de-pfizer#.V83DvZjhCUk>
- «Pfizer compra Allergan y crea la mayor farmacéutica 2020» (23 de noviembre de 2015). *Forbes*. Recuperado el 20 de enero de 2018 de: <https://www.forbes.com.mx/pfizer-y-allergan-crean-la-mayor-farmacaceutica-del-mundo/>
- Pharma (2016). *2015 Profile: Biopharmaceutical Research Industry* (en línea). Recuperado el 1 de febrero de: http://www.phrma.org/sites/default/files/pdf/2015_phrma_profile.pdf
- Ross, S., Westerfield, R. y Jaffe, J. (2012). *Finanzas corporativas*. México: McGraw Hill.
- Salazar, M. A. y Cabrera, M. (2007). Pronóstico de demanda por medio de redes neuronales artificiales. *Ingenierías*, 10 (35): 6-12.
- Global Pharmaceutical Industry – Statistics & Facts (2017). The Statistics Portal (base de datos en línea). Recuperado el 29 de enero de 2018 de: <http://www.statista.com/topics/1764/global-pharmaceutical-industry/>
- Toro, O., Mejía, G. y Salazar, I. (2004). «Pronóstico de ventas usando redes neuronales». *Scientia et technica*, 10 (26): 1-19.
- Tricker, B. (2009). *Corporate Governance: Principles, Policies, and Practices*. Nueva York: Oxford University Press.
- Sirghi, N. (2012). «Perspectives in the theory of the firm». *Economic Studies*, 2 (1): 134-142.
- Venegas, F. (2013). *Riesgos financieros y económicos. Productos derivados y decisiones económicas bajo incertidumbre*. México: Cengage Learning.
- Villada, F., Muñoz, N. y García, E. (2012). «Aplicación de las redes neuronales al pronóstico de precios en el mercado de valores». *Información tecnológica*, 23 (4): 11-20.
- White, H. (1988). «Economic prediction using Neural Networks: The case of IBM Daily Stock returns». *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks*, San Diego, vol. II: 451-459.

Una nueva gobernanza en el Fonadin como estrategia para eficientar las inversiones en infraestructura

Daniel César Ordóñez Bustos
Universidad Anáhuac México

Artículo recibido el 28 de enero y aprobado el 24 de abril de 2019

Resumen

Contar con la infraestructura necesaria en cuanto a cantidad y calidad, le permite a cualquier país instrumentar programas con alto impacto económico y social. En México hay un déficit importante en la materia, razón por la cual ocupa el lugar 62 en el índice de competitividad del World Economic Forum, debido entre otros factores a la disminución de la inversión como porcentaje del producto interno bruto (PIB) desde 2010. De ahí la demanda de recursos, en donde el Fondo Nacional de Infraestructura (Fonadin) tiene un papel relevante como instrumento del gobierno federal en materia de inversión pública. Sin embargo, el 67% de sus recursos se han canalizado a apoyos no recuperables y, por ello, requiere una nueva gobernanza, de modo que tome decisiones sobre criterios de eficiencia y viabilidad financiera.

Palabras clave: inversión pública; Fonadin y gobernanza.

Clasificación JEL: H54.

Abstract

For any country, having the infrastructure in terms of resources and the required expertise in execution allows it to implement programs with high economic and social impact. In Mexico there is a significant deficit in this area so it ranks number 62 in the infrastructure competitiveness index of the World Economic Forum due, among other factors, to the decrease in investment as a percentage of gross domestic product (GDP) since 2010. So the demand of resources where the National Infrastructure Fund (Fonadin) has a relevant role as a federal government public investment agency. However, 65 % of its resources have been assigned to non-recoverable support and, therefore, a new governance is required to make decisions on criteria of efficiency and financial viability.

Keywords: public investment, Fonadin and governance.

JEL Classification: H54.

1. Introducción

Los proyectos de infraestructura, ya sea que se trate de un sistema de movilidad urbana, una carretera, un hospital o una planta de generación eléctrica, tienen el potencial de transformar la dinámica económica y social de un país, ya que las inversiones en estos rubros revisten una doble importancia: por una parte, los recursos invertidos en obras y redes públicas presentan un efecto multiplicador en cuanto a empleo, ingreso y consumo. Por otra, una vez que se ponen en operación las redes públicas mencionadas, se ofrecen bienes y servicios que generan los medios e incentivos para fortalecer y ampliar la integración regional en un territorio nacional.

Precisamente por esos múltiples impactos, los gobiernos buscan los medios y alternativas para obtener los recursos demandados para este tipo de iniciativas. Asimismo, resulta interesante analizar el desarrollo de la infraestructura en el país en los últimos años, así como los agentes que han participado en su financiamiento. En este contexto, se propone considerar el papel del Fondo Nacional de Infraestructura (Fonadin) como una de las principales instancias del gobierno federal para financiar proyectos de alto impacto social. Del mismo modo, y derivado del análisis, se plantea un esquema de decisiones que aporte elementos y criterios en el momento de decidir qué proyectos deben financiarse con los recursos públicos que maneja el Fondo.

Alineado con este objetivo, el documento se divide en cinco secciones. Después de esta introducción, la segunda sección se enfoca en los conceptos teóricos que servirán de soporte, tanto para el análisis, como para la propuesta de esquema de decisiones, ubicados en el ámbito de la microeconomía. En el tercer apartado se revisan los mecanismos a través de los cuales las inversiones impactan en el crecimiento y desarrollo económico, incluyendo una referencia a investigaciones y estudios empíricos sobre estas relaciones. La sección cuarta integra un diagnóstico de la infraestructura nacional, identifica el papel del Fonadin y describe su participación en el mercado de financiamiento de proyectos.

A partir del diagnóstico y con base en las Reglas de Operación del Fonadin (ROP), se formula un esquema de cambio en su gobernanza, con la finalidad de que las decisiones en la selección de proyectos estén sustentadas en criterios de eficiencia y rentabilidad económica y financiera, para al final incluir las conclusiones generales del análisis.

2. Marco teórico

Como sustento para el análisis y los alcances propuestos en este artículo, se sugiere recurrir a los conceptos básicos de la microeconomía. Es importante recordar que esta rama de la economía se enfoca en el estudio de las elecciones de los agentes económicos en el uso de los recursos y de los costos de oportunidad incurridos. En el caso del gobierno, considera las decisiones sobre la asignación de recursos públicos entre distintas opciones, una de las cuales es la inversión en infraestructura.

Otro componente a tomar en cuenta corresponde a las características y supuestos del modelo de equilibrio en el mercado, así como las condiciones de eficiencia en la competencia perfecta, para lo cual cobra relevancia la estructura de costos económicos de las empresas.

Asimismo, como apoyo para la integración de la propuesta de cambio de gobernanza, se toman como referencia elementos de la teoría de la elección pública y los modelos de comportamiento económico de la burocracia, específicamente el desarrollado por Hartley y Tisdell (1981) con base en las aportaciones de William Niskanen (1971), cuyo objetivo es analizar el comportamiento de la burocracia en su búsqueda de maximizar utilidad y su relación con el presupuesto público.

A manera de resumen, en la siguiente tabla se presentan los conceptos que permiten explicar el comportamiento de cada uno de los agentes económicos involucrados en los proyectos de infraestructura, y que son la base para el desarrollo de los apartados de este documento:

Tabla 1. Agentes económicos y conceptos relacionados

Tomadores de decisiones	Objetivos	Conceptos
Empresas	Utilidades	Teoría de la firma Teoría de la producción Estructuras de mercado
Gobierno	Beneficio social	Economía del sector público Economía del bienestar Elección pública Mecanismos de distribución

Fuente: elaboración propia.

Infraestructura, economía y sociedad

Sin lugar a dudas se ha convertido en un lugar común en distintas instancias afirmar que la infraestructura es básica para el funcionamiento eficiente de la economía y de la sociedad, toda vez que no es solo un motor de crecimiento sino también un factor de inclusión social. Lo anterior en virtud de que la construcción de puentes, carreteras, puertos y aeropuertos, así como el despliegue de redes de energía, agua y telecomunicaciones, articulan en el espacio geográfico el asentamiento de la población y generan las bases para la interacción de los agentes económicos y de los procesos productivos, de distribución y comercialización de bienes y servicios.

Debido a estas relaciones y repercusiones, la infraestructura se ha convertido en una esfera de interés académico. El análisis teórico acerca de la vinculación entre infraestructura, productividad y crecimiento tiene sus inicios en Arrow y Kurz (1970), quienes fueron los primeros en incluir el capital público como aporte a la función de producción agregada de la economía. Asimismo, la investigación empírica comenzó más tarde con Aschauer (1989), quien demostró que la inversión en ese campo tuvo un efecto significativo en el crecimiento económico de Estados Unidos. Años más adelante, Calderón y Servén (2002) demostraron que el estancamiento de la construcción de infraestructura en América Latina, durante los decenios de los ochenta y noventa, explica en parte el freno del crecimiento económico experimentado en ese período. En un estudio posterior, estos mismos autores señalan que el incremento conjunto de infraestructura creada entre los períodos quinquenales de 1991 a 1995 y de 2001 a 2005 aportó 1.1 puntos porcentuales de forma anual al crecimiento económico en la región.

Se tienen estudios más recientes como el de Standard & Poor's (2015), en el cual se estima que el incremento en el gasto en infraestructura de 1 % del PIB aumentaría el tamaño de la economía en 2.5 % en Brasil, 1.4 % en Canadá, 1.7 % en Estados Unidos y 1.3 % en México en un período de tres años.

Cabe añadir que el tema de la infraestructura ha sido también del interés de los organismos económicos internacionales. Por ejemplo, el FMI ha destacado que el dividendo económico de cerrar la brecha en la inversión pública puede ser sustancial en términos de eficiencia, ya que puede más que duplicar el impacto de tal inversión sobre el crecimiento. Su cuestionamiento se refiere a los instrumentos para financiarla: mediante deuda, impuestos o disminución de otras categorías del gasto, con lo que señalan que, si se cumplen determinadas condiciones, la inversión del gobierno puede ser eficiente, rentable y recuperarse totalmente.

Por su parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha publicado diversos documentos que resaltan factores como la calidad de la infraestructura y señalan que prácticamente todos los países se enfrentan a los mismos retos, reconociendo que la inversión pública es compleja toda vez que, desde su conceptualización hasta su construcción y explotación, está plagada de obstáculos y dificultades. Añaden que una de las principales razones por las que con frecuencia los proyectos de infraestructura no cumplen con el calendario y el presupuesto establecidos, ni con los objetivos previstos sobre el suministro de servicios, es una gobernanza deficiente.

Asimismo, el Foro Económico Mundial (WEF por sus siglas en inglés) publica anualmente el Índice Global de Competitividad, el cual evalúa los factores que impulsan la productividad y crecimiento en los países, y uno de sus indicadores es específicamente el que mide la calidad de la infraestructura. Este indicador incluye un análisis sobre las características de las redes carreteras, ferroviarias, portuarias, aeroportuarias, eléctrica y de telecomunicaciones.

En este contexto, como marco de referencia resulta importante analizar las características específicas de la infraestructura en el país.

3. La infraestructura en México

Con el cambio en la administración del gobierno federal, el tema de la infraestructura apareció en los primeros planos, tanto como factor de controversia en materia de política pública —con el caso del nuevo aeropuerto internacional, cuya ubicación se había previsto en Texcoco—, como instrumento de presión en la solución de problemas públicos, con el bloqueo de la Coordinadora Nacional de Trabajadores de la Educación del sistema ferroviario en Michoacán. En esa medida quedó de manifiesto la relevancia de este tema en la agenda económica, política y social del país, sustentando así la importancia de revisar su evolución.

En México, si bien se han realizado considerables esfuerzos en materia de inversión, persisten importantes brechas cuya consecuencia ha sido una provisión ineficiente de servicios y la ausencia de la infraestructura que demanda el crecimiento sustentable de la economía. Además, si se incluye en el análisis el criterio de calidad de la infraestructura, y no solo de su disponibilidad, el reto es aún más considerable.

A efecto de contextualizar estos elementos, se muestra la información del índice de competitividad en infraestructura del WEF, el cual incluye datos de 138 países sobre las redes principales de infraestructura:

Tabla 2. Índice de competitividad en infraestructura 2017-2018. Calidad de la infraestructura

País	Posición a nivel mundial por calidad de infraestructura	Carretera	Ferroviaria	Portuaria	Aeroportuaria	Eléctrica	Telecomunicaciones
Hong Kong	1	4	3	3	2	4	2
Singapur	2	2	4	2	1	3	27
Holanda	3	5	6	1	4	6	18
Japón	4	6	2	21	26	10	9
Emiratos Arabes Unidos	5	1	nd	4	3	16	41
México	62	52	65	62	67	72	67

Fuente: Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción (2017).

Como puede observarse, el país se ubica casi a la mitad del total de los países considerados (138), con una mejor infraestructura de carreteras y más deficiente en la cuestión eléctrica. Cabe señalar que México ha ido mejorando paulatinamente en estos rubros. De hecho, ha subido cuatro posiciones respecto al reporte de 2011-2012, pero estos avances no resultan significativos y las brechas que deben cerrarse aún persisten.

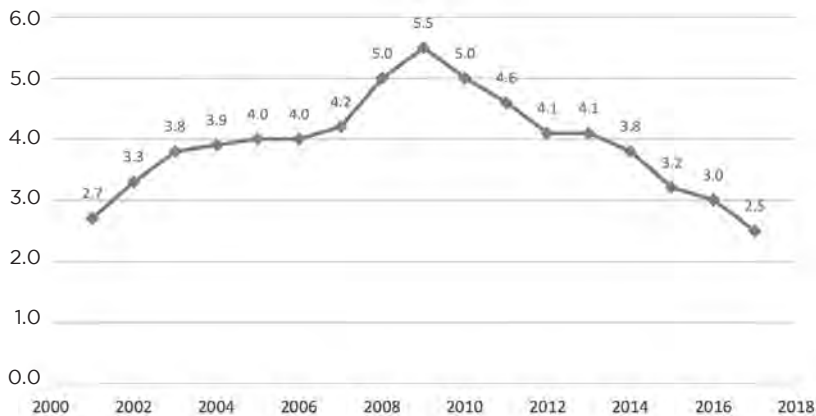
Por ello es importante analizar cuáles son los elementos que dan origen a estos resultados, con la finalidad de identificar posibles áreas de oportunidad que aporten a la solución de la problemática mencionada. En términos generales, los retos pueden agruparse en los siguientes dos rubros:

- Insuficientes flujos de inversión pública;
- La presencia de fallas institucionales, tanto en la conducción de las políticas públicas, como en la organización de los mercados.

Inversión pública

La primera variable de análisis es la evolución del monto de los recursos destinados a la inversión pública, ya que este rubro es el principal detonador del crecimiento de la infraestructura. A este respecto se cuenta con los siguientes datos correspondientes a los tres últimos sexenios:

Gráfica 1. Inversión pública como porcentaje del PIB en México



Fuente: Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción (2017).

De acuerdo con esta información, durante la administración del presidente Vicente Fox, la inversión pública como porcentaje del PIB mostró una tendencia relativamente ascendente. Ese mismo comportamiento se tiene en la primera parte del gobierno del presidente Felipe Calderón, sin embargo, en los siguientes años empieza a descender y lo sigue haciendo de forma sistemática durante toda la gestión del presidente Enrique Peña Nieto, aunque en el tercer trimestre de 2018 la tendencia se invierte y se registra nuevamente una participación de 3 % del PIB, como en 2016.

Un dato que es relevante añadir es el que señalan Andrade y Lugo (2018), en el sentido de que entre 2011 y 2015 el 40 % de los recursos totales de inversión pública se destinaron a Pemex y el resto al desarrollo del resto de la infraestructura nacional.

Para ofrecer una referencia que nos permita cotejar estas cifras, se tiene la siguiente información sobre inversión pública en algunos países para 2013:

Tabla 3. Inversión pública como porcentaje del PIB (2013)

País	Inversión pública como % del PIB
Francia	4.0
Unión Europea	2.9
Italia	2.4
Brasil	1.1
Chile	1.1

Fuente: Standard & Poor's (2015).

Como es posible constatar, la inversión en México en el año 2017 es similar a la que tenían en la Unión Europea y en Italia y superior a la de los países de Sudamérica cuatro años antes.

Ante la escasez de fondos públicos, el gobierno ha buscado alternativas para obtener los recursos requeridos para financiar el desarrollo de la infraestructura. Una de estas son las asociaciones público-privadas, que se refieren a proyectos que se realizan bajo esquemas, como concesiones, arrendamientos, proyectos de prestación de servicios y obra pública financiada, en los que el sector privado provee infraestructura en forma total o parcial.

Con la finalidad de brindar certeza jurídica a este tipo de esquemas de inversión, se publicó en enero de 2012 la Ley de Asociaciones Público-Privadas (Ley APP), a través de la cual se busca fomentar la participación

del sector privado, con lo que además de capital de riesgo, aportan conocimientos técnicos y su experiencia como desarrolladores privados para la provisión de servicios públicos. A este respecto, vale la pena señalar que, si bien se concreta la participación de ambos sectores, el gobierno es el encargado de establecer la regulación, ya que el desarrollo de infraestructura trae aparejada la presencia tanto de externalidades positivas (efecto de red), como negativas (principalmente ambientales y sociales) y, en esa medida, es necesaria la intervención gubernamental para corregir las fallas del mercado.

De acuerdo con la información disponible en la página de internet de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, bajo la Ley APP se han estructurado doce proyectos (cinco de Comunicaciones y Transportes, cuatro del IMSS y tres del ISSSTE) y se encuentran en etapa de preparación 18 proyectos más (SHCP, 2016). Aun con estos esquemas de participación, no alcanza a revertirse la tendencia mostrada anteriormente en la gráfica 1 y la escasez de recursos públicos ha sido definitivamente un elemento que ha incidido en forma directa en el déficit de infraestructura en el país.

En este contexto, es importante mencionar que en 2011, la CEPAL (Comisión Económica para América Latina) hizo una estimación de distintas dimensiones de la brecha de infraestructura, concluyendo que un gasto anual promedio del orden de 5.2 % del PIB era necesario en la región para poder afrontar los flujos de inversión en infraestructura requeridos para satisfacer las necesidades de las empresas y los consumidores finales entre 2006 y 2020 (CEPAL, 2011).

A la fecha, la CEPAL ha revisado esas estimaciones, en las que se refiere que la inversión para satisfacer las necesidades de infraestructura es ahora de 6.2 % del PIB (CEPAL, 2017). En este mismo sentido, cabe recordar lo que se había señalado anteriormente referente a que la calificadora Standard & Poor's sugiere que incrementar en México el gasto en infraestructura en 1 % del PIB aumentaría el tamaño de la economía en 1.3 % en un período de tres años.

Instituciones y mercado

Los recursos para el financiamiento de los proyectos de infraestructura en el país provienen principalmente del sector privado, organismos internacionales y del presupuesto público. En el primer caso, la aportación de los inversionistas privados se materializa tanto al comprometer capital directamente en los proyectos, como al participar en transacciones de capital y de deuda en la Bolsa de Valores y en mercados privados.

Uno de los instrumentos financieros disponibles en el ámbito bursátil son los fondos de inversión, los cuales permiten a los inversionistas diversificar sus portafolios en términos de capital y deuda. Actualmente existen las

siguientes opciones: Certificados Bursátiles (CEBURES), Fideicomisos de Inversión y Bienes Raíces (FIBRAS), Certificados de Capital de Desarrollo (CKDs), Fondos de Capital Privado, Certificados de Proyectos de Inversión (CERPI) y los Fideicomisos de Inversión en Energía e Infraestructura (FIBRA E). En estos casos los rendimientos otorgados no son producto del pago de principal ni de intereses predeterminados, sino del usufructo y beneficios de cada proyecto. Por lo general se enfocan en impulsar proyectos de infraestructura, inmobiliarios, minería y desarrollo de tecnología.

Es importante señalar que, específicamente en los proyectos de infraestructura, cada una de estas opciones se enfoca en etapas particulares del ciclo de inversión. Así, las FIBRAS (Fideicomisos de Inversión y Bienes Raíces) y la FIBRA E (Fideicomisos de Inversión en Energía e Infraestructura) se relacionan con activos en operación (*brownfields*), mientras que los CKD (Certificados de Capital de Desarrollo, por sus siglas en inglés) y CERPI (Certificados de Proyectos de Inversión) se enfocan principalmente en nuevos proyectos (*greenfields*).

Adicionalmente se tiene la alternativa del financiamiento privado vía la banca comercial, la cual cobra relevancia porque puede asumir los riesgos que involucran las operaciones complejas de infraestructura, así como hacer frente a las asimetrías de información, en particular en las primeras fases del diseño y de operación de los proyectos. A manera de ejemplo, se tiene la siguiente información sobre los sectores y algunos proyectos a los cuales se otorga financiamiento:

Tabla 4. Participación de la banca comercial por sectores

Banco	Sector	Proyectos
Del Bajío	Agua y carreteras	Planta de Tratamiento Tuchtlán y Paso Limón (Chiapas)
Banorte	Vivienda	Desarrollo Urbano Integral Sustentable Valle San Pedro (Baja California)
Inbursa	Carreteras	Carreteras: Cardel-Poza Rica y Tuxpan-Tampico.
Santander	Agua y carreteras	Acueducto II en Querétaro.

Fuente: elaboración propia con información de las instituciones bancarias.

Asimismo, en los últimos años, diversos organismos multilaterales como el Banco Interamericano de Desarrollo, la Corporación Financiera Internacional, el Fondo Multilateral de Inversiones y el Banco de Desarrollo de

América del Norte, entre otros, han apoyado el crecimiento y la modernización de infraestructura en México.

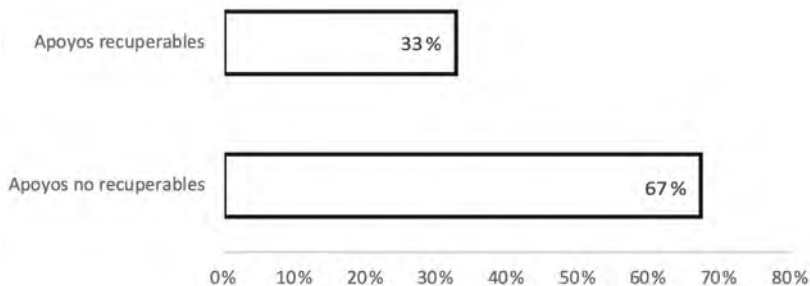
En lo que respecta al gobierno federal, su aportación se da principalmente a través de la inversión pública, así como con los programas de la Banca de Desarrollo, en donde tiene un papel preponderante el Fondo Nacional de Infraestructura.

4. Fonadin

El Fonadin es administrado por Banobras y tiene su antecedente en el Fondo de Inversión en Infraestructura (FINFRA) y en el Fideicomiso de Apoyo al Rescate de Autopistas Concesionadas (FARAC). Por ello se quedó como concesionario de una red de autopistas de cuota, la cual es operada por Caminos y Puentes Federales de Ingreso y Servicios Conexos (CAPUFE) y cuyos ingresos son los recursos que se utilizan para el financiamiento de proyectos básicamente en los siguientes sectores: comunicaciones, transportes, hidráulico, medio ambiente, desarrollo urbano y turismo. La particularidad de tales proyectos es que deben cumplir con un doble cometido: contar con alta rentabilidad social y ser un incentivo para la participación de la inversión privada, por lo que se procura que tengan también una rentabilidad económica.

La operación del Fonadin está regulada por reglas de operación (RO) en las cuales se establece que, para hacer frente a la demanda de recursos, tiene diversos instrumentos que se agrupan básicamente en dos grandes rubros: apoyos recuperables y apoyos no recuperables. De acuerdo con la información disponible, la distribución de los fondos es prácticamente de dos a uno en favor de estos últimos, como se observa en la siguiente gráfica:

Gráfica 2. Distribución de apoyos del Fonadin (cifras a diciembre de 2018)



Fuente: Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales, con datos del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos.

En el caso de los apoyos recuperables, los recursos se destinan a proyectos que cuentan con una fuente de recuperación de manera que se aprovechan y nuevamente están disponibles y, con ello, los beneficiarios pueden acceder a opciones como las siguientes: créditos subordinados; líneas de crédito contingente; capital de riesgo, fondos de inversión y garantías.

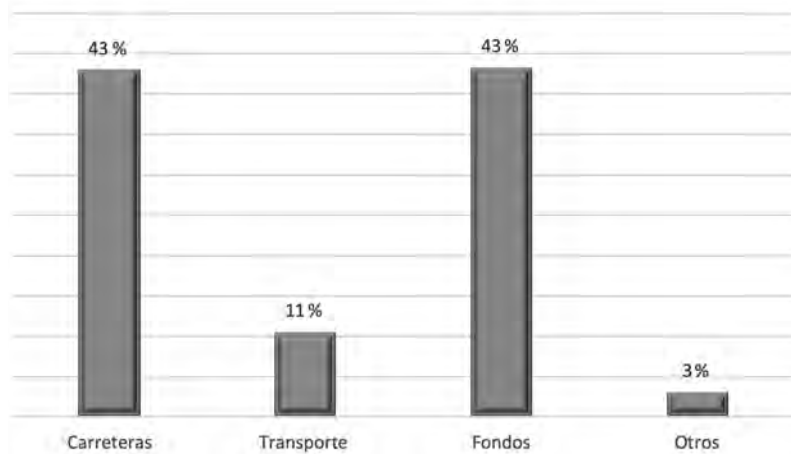
Cabe señalar que prácticamente la mitad de los recursos de este rubro se destina a créditos subordinados y líneas de crédito contingente. Los primeros se refieren a la deuda dentro de la estructura de capital de un proyecto, la cual se paga después de cubrir cualquier obligación de deuda «*senior*» (emitida por un agente económico de la mejor calidad crediticia posible (Peiro, 2019) o preferente, así como las condiciones establecidas en la prelación de pagos. Adicionalmente, no tiene derecho a acceder ni a participar en las reservas adjudicadas para las obligaciones financieras *senior*, además de que los derechos de garantía sobre la liquidación otorgada a acreedores subordinados deberán clasificarse posteriormente a la deuda principal.¹ Estos apoyos están concebidos para mejorar los flujos disponibles y la cobertura de la deuda bancaria o bursátil contratada para financiar proyectos.

Por su parte, la línea de crédito contingente es una alternativa que le permite a un estado o municipio cubrir faltantes del servicio o pago de la deuda de sus créditos contratados, así como las obligaciones de retribución a concesionarios que ofrecen los servicios en los proyectos financiados. Vale la pena señalar que, si bien los beneficiarios son precisamente estados y municipios, la prestación de los servicios es de las empresas concesionarias.

En este contexto, resulta interesante analizar a qué sectores se han destinado los apoyos recuperables, como lo muestra la gráfica 3.

1 En las Reglas de operación del Fonadín se tiene la siguiente definición: «Créditos subordinados y/o convertibles.- Operaciones de financiamiento consistentes en deuda de carácter subordinado respecto de otros acreedores en proyectos de infraestructura, las cuales pueden ser convertidas a capital» (Fonadín, s/f).

Gráfica 3. Distribución de apoyos recuperables (cifras a diciembre de 2018)



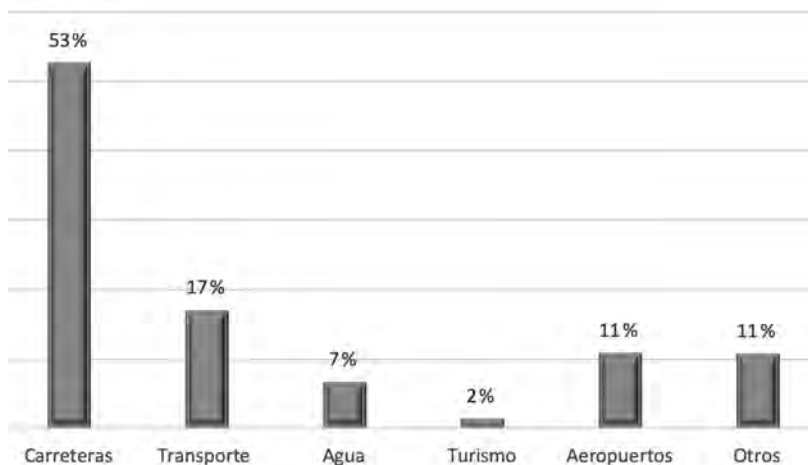
Fuente: Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales, con datos del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos.

Como puede observarse en la gráfica 3, \$8 de cada \$10 pesos de apoyo se destinaron a proyectos carreteros y a fondos de inversión. El Fonadin participa en estos instrumentos financieros desde 2010 y, a la fecha, lo hace en 19 fondos y dos fibras. De hecho, diez ya se encuentran en período de desinversión, con lo cual han reportado el reintegro de rendimientos sobre las inversiones.² Con estos recursos se apoyan proyectos inmobiliarios, de energías limpias y renovables, turismo, carreteras, hidráulicos, hospitales, centros penitenciarios y plataformas logísticas, principalmente.

En lo que respecta a los apoyos no recuperables, son recursos proporcionados a dependencias y entidades de la administración pública federal y gobiernos estatales y municipales, no sujetos a reembolso. Se ocupan básicamente para sufragar gastos e inversiones en proyectos de alta rentabilidad social y baja o nula rentabilidad económica, y se agrupan en las siguientes opciones: subvenciones, aportaciones a gobiernos y dependencias, y estudios y asesorías.

La mayor parte de los recursos se destinó a la opción de aportaciones, con lo que prácticamente 80 % fue para este fin. La distribución de los fondos por tipo de proyecto se muestra en la gráfica 4.

2 Los fondos tienen un plazo generalmente de diez años, la mitad de inversión y el resto de desinversión, durante el cual de reintegran los rendimientos y las inversiones a los tenedores.

Gráfica 4. Distribución de apoyos no recuperables

Fuente: Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales con datos del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos.

De esta manera, los proyectos que han recibido mayor financiamiento corresponden al sector comunicaciones (carreteras y libramientos) y transporte (masivo), seguido por los correspondientes a aeropuertos.

Si bien la información descrita da una idea de cómo se han distribuido los recursos del Fonadin, es importante analizar cuál ha sido el resultado de la asignación de esos apoyos.

Eficiencia en el uso de los recursos

Como cualquier ejercicio de distribución de recursos públicos, los proyectos que ha financiado el Fonadin enfrentan diversas vicisitudes que, en muchos casos, terminan por diferir e inclusive no cumplir sus objetivos y metas.

Uno de los problemas de inicio es que las decisiones sobre el financiamiento de los proyectos se guían más por razones políticas, clientelares y de intereses particulares, que en respuesta a cuestiones técnicas y a los impactos económicos que deben y pueden generarse con este tipo de acciones de gobierno.

Otro aspecto relevante es que, si bien está claramente definido el marco regulatorio, en muchas obras los procesos de licitación se vuelven largos y costosos, desincentivando la participación de los potenciales oferentes. En

este mismo sentido, conviene señalar que en diversas licitaciones los participantes, a efecto de ganar los proyectos, presentan posturas bajas con estudios de aforos e ingresos sobredimensionados, de manera que en el transcurso de las obras los presupuestos resultan insuficientes y se generan casos de sobrecostos y situaciones de ineficiencias en el mercado. Tal es la situación de un proyecto que tiene un apoyo del Fonadin y registra, tanto en sus aforos como en sus ingresos, prácticamente la mitad de lo que habían presupuestado en su plan de negocios.

El último elemento por considerar es la falta de planeación de largo plazo, que se origina tanto por los cambios institucionales de las administraciones federales y a nivel estatal y municipal, como por la falta de coordinación entre los tres niveles de gobierno. Como ejemplo, se tiene un proyecto que respalda el Fonadin en el estado de Chihuahua para la construcción e instalación de una planta de clasificación y separación de residuos, en donde participan varios municipios, y la conciliación de intereses y perspectivas no ha resultado del todo eficiente. Así, sin la planeación adecuada, se presenta una dispersión de las acciones públicas y la consecuente falta de integración de las políticas en su concepción, seguimiento y evaluación. De esta manera, al no contar con una estrategia intersectorial que tenga una visión transexenal, no se concretan los criterios de sostenibilidad y transversalidad en las políticas públicas de los servicios de infraestructura.

Si bien en cada etapa de desarrollo del proyecto pueden presentarse situaciones particulares, el resultado global ha sido una asignación ineficiente de los recursos públicos, que al ser limitados, generan altos costos de oportunidad en detrimento de otros proyectos. Con estas inequidades distributivas, la obra pública en infraestructura pierde su sentido como un instrumento al servicio del interés público y se convierte, en muchos casos, en una fuente de financiamiento de otros intereses.

Ante esta situación se identifica la necesidad de revisar las políticas y acciones que se están llevando a cabo en la materia, ya que la provisión insuficiente e ineficiente de capital para crear infraestructura se ha convertido en un hito a resolver en aras de sustentar la integración económica y social del país.

Propuesta: hacia una nueva gobernanza del Fonadin

Con base en los resultados del análisis de la situación de la infraestructura en México, se requiere un cambio en las pautas y un ajuste en los criterios para la aprobación de los proyectos que se apoyan con recursos del Fonadin.

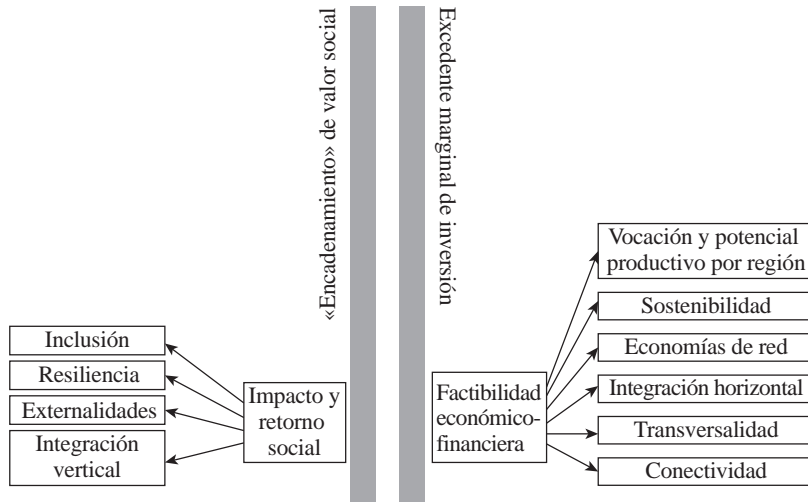
Para lograr este cambio, se hace preciso un cambio profundo de cómo se diseña, se financia, se implementa y se usa la infraestructura, lo que implica el cambio de la gobernanza misma del sector, es decir, en el conjunto de procesos tanto de toma de decisiones en el ámbito de la infraestructura como de la implementación de dichas decisiones, en los cuales actúan los mecanismos, procedimientos y reglas establecidas formal e informalmente por las instituciones (Cepal, 2016).

En este contexto se propone redefinir la gobernanza de Fonadin a partir de sus reglas de operación, para lo cual se precisa conceptualizar un esquema que le permita cumplir sus objetivos,³ a la vez que se oriente al uso eficiente de sus recursos. Para ello se proponen las siguientes directrices:

1. Enfocarse a desarrollar infraestructura en los sectores en los que la inversión equilibre el «encadenamiento» de valor social con el excedente marginal de la inversión. Ello requiere un análisis eficiente sobre los aspectos económicos y técnicos de los proyectos y, por lo tanto, de un menor peso de criterios y compromisos políticos en la selección de los mismos, lo que ayudaría a reducir los riesgos y la incertidumbre sobre su viabilidad operativa y financiera. La selección de los proyectos a financiar debe basarse en un esquema cuyos criterios de evaluación favorezcan una mayor conectividad entre las redes de infraestructura, reduzcan las asimetrías existentes entre sectores y regiones y generen espacios integrados que potencien la disponibilidad de factores y procesos productivos. A manera de propuesta se tiene el esquema sobre criterios de selección (figura 1):

3 Los objetivos de Fonadin, según se estable en sus reglas de operación, son los siguientes: maximizar y facilitar la movilización de capital privado a proyectos de infraestructura; Apoyar proyectos de gran impacto social y hacer bancables proyectos de alta rentabilidad social, pero poco atractivos para la iniciativa privada por su bajo retorno económico.

Figura 1. Criterios de selección de proyectos



Fuente: elaboración propia.

En este proceso es necesario alinear la concepción, ejecución, seguimiento y evaluación de los proyectos, buscando la coherencia entre los objetivos y demandas de los grupos de interés públicos y privados, de modo que se asegure que los proyectos apoyados trasciendan los tiempos del calendario político de los tres órdenes de gobierno.

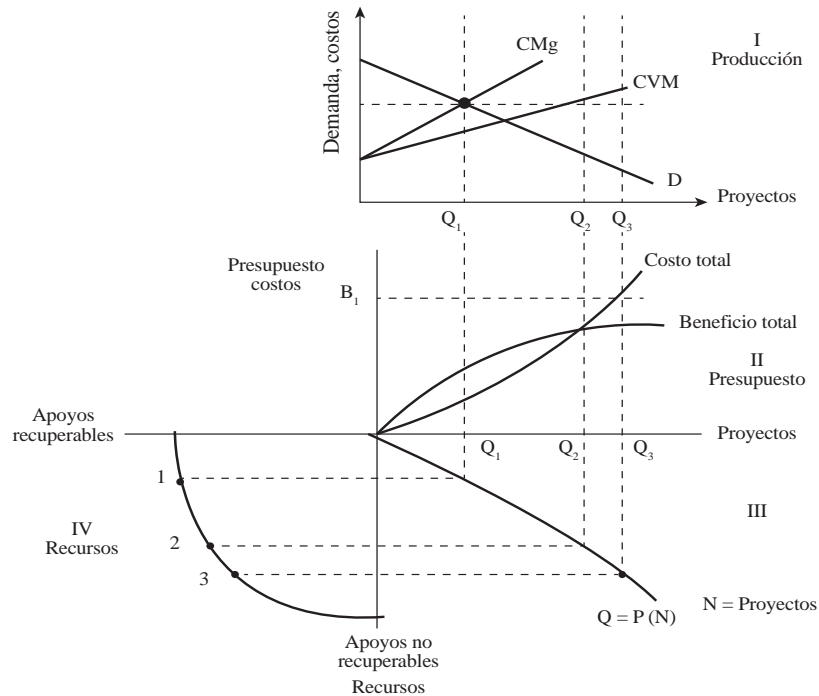
2. La evaluación de los proyectos a financiar debe tener como criterio rector la eficiencia y el costo de oportunidad del capital. Como ya se señaló, en el Fonadin hay un sesgo hacia los apoyos no recuperables, lo que ha generado situaciones de ineficiencia en el uso de los recursos; esto puede verificarse en el siguiente esquema (figura 2) para la selección y prelación de los proyectos, basado en el esquema de Hartley y Tisdell (1981), que tiene como referencia los conceptos de eficacia y eficiencia técnica y distributiva.⁴

⁴ Eficacia: grado de cumplimiento de las metas establecidas sin tener en cuenta los costos de los medios empleados para la consecución de los objetivos.

Eficiencia técnica: producir el máximo *output* con la menor cantidad de *inputs* como el trabajo, capital y tecnología.

Eficacia distributiva: es el *output* que maximiza el bienestar total, cuando en el equilibrio de mercado (precio igual a costo marginal) se maximiza el excedente del consumidor y del productor.

Figura 2. Esquema de análisis y decisión



Fuente: elaboración propia con base en el esquema de Hartley y Tisdell (1981).

Como puede observarse, en la medida en que el Fonadin tiene restricción de recursos, necesariamente enfrenta costos de oportunidad en sus decisiones de financiamiento, lo cual se representa en el Cuadrante IV con la frontera eficiente de producción, que relaciona las alternativas de combinaciones de financiamiento de proyectos entre apoyos recuperables y apoyos no recuperables. Una vez seleccionada la combinación de ambas opciones, ello se refleja en la función de producción de proyectos del cuadrante III, cuyos costos y beneficios correspondientes se analizan en el cuadrante II. Finalmente, en la parte I del esquema se compara la elección de proyectos con los indicadores de la eficiencia distributiva del mercado.

Con la finalidad de analizar el funcionamiento del esquema, se tienen tres posibles combinaciones de proyectos (1, 2 y 3). En el primer caso se trataría de una alternativa en que los recursos del Fonadin se destinan en mayor medida a proyectos del tipo de apoyos recuperables, es decir, aquellos que tienen una fuente para avalar su retorno. Por ello, al ubicarse en el punto donde la demanda es igual al costo marginal y el beneficio es mayor al costo, estaría asegurando una eficacia y una eficiencia distributiva y técnica.

Por su parte, la combinación 2 tendría un equilibrio entre el costo y el beneficio totales, y en el punto 3 podría ubicarse la actual cartera de proyectos del Fonadin, que como ya se señaló, tiene una mayor participación de apoyos no recuperables (65 %), y con ello se tendría una ineficiencia distributiva toda vez que el costo medio resulta superior a la demanda.

A manera de conclusión, puede señalarse que el Fonadin debe reducir al máximo las subvenciones y destinar los apoyos no recuperables a proyectos con impacto regional y que generen sinergias entre las redes ya instaladas, con lo que se originarán externalidades de red y de alcance. Lo importante es evitar la multiplicidad de infraestructuras y favorecer una mayor conectividad, reduciendo así las asimetrías entre las distintas regiones del país.

El lineamiento propuesto está incluido en las Reglas 8 y 9 de las ROP, pero también es necesario considerar el impacto regional como criterio de selección de proyectos. Con esta propuesta se esperaría un movimiento del punto 3 al punto 2 en el esquema.

3. Para cumplir con el objetivo de facilitar la movilización de capital privado a proyectos de infraestructura, en principio es necesario identificar la infraestructura como una clase especial de activo ya que, a diferencia de otros activos fijos, tiene un elevado riesgo inicial debido a costos de construcción no previstos, incertidumbre sobre el nivel estimado de la demanda que impacta los niveles proyectados de ingresos y costos, además de la imposibilidad de reconvertir este tipo de activos a usos alternativos.

Por ello es importante fomentar la participación de la banca comercial y los inversionistas institucionales en este proceso, canalizando el ahorro nacional hacia este sector. De esta manera, el Fonadin debe destinar mayores recursos a los fondos de inversión y a las fibras, porque son una excelente alternativa para financiar proyectos de infraestructura con alto impacto social y tienen además un menor riesgo sobre su viabilidad económica, ya que está implícito el criterio de rentabilidad financiera en su selección. Actualmente, estos instrumentos de inversión representan el 14 % del total de la cartera total del Fonadin y, de hecho, ofrecen a los tenedores tasas internas de retorno en promedio superiores a 15 %, con lo que se generan recursos para otros financiamientos, reduciendo el costo de oportunidad del capital.

A manera de ejemplo para reforzar lo anterior, hay un par de proyectos en el sector agua en donde el Fonadin aportó una subvención y, además, en la estructura de capital⁵ de los proyectos participa un fondo de inversión en

5 La estructura de capital de los proyectos está integrada por: apoyo Fonadin, capital de riesgo, créditos y aportación estatal y municipal.

el que el mismo Fonadin tienen recursos invertidos, lo cual resulta ineficiente, dado que podrían distribuirse estos recursos a otras alternativas.

Otro aspecto relevante es que con esta opción, al no haber una relación directa del Fonadin con los beneficiarios, es posible aplicar las cláusulas de penalización establecidas en los instrumentos jurídicos que sustentan los apoyos, lo que no siempre es factible en el caso de los apoyos no recuperables por cuestiones políticas.

Para este tercer lineamiento, el sustento está en las Reglas 10, 11 y 26 de las ROP y con su aplicación se esperaría un movimiento del punto 3 al 1 en la figura 2.

5. Conclusiones

Del análisis efectuado en este artículo, es posible señalar que al contar con redes de infraestructura eficientes se asegura el acceso, que constituye el elemento central de la integración del sistema económico, social y territorial en el espacio geográfico de un país.

México no es la excepción y se han destinado importantes recursos para este fin, pero no han sido suficientes para sustentar el desarrollo y crecimiento económicos. De hecho, en la clausura de la 82 Convención Bancaria, el secretario de Hacienda y Crédito Público reconoció que la inversión pública es menor a 3 % en comparación con el PIB y que en esa medida «Una economía en donde la inversión en infraestructura pública tiene tan bajos porcentajes, no tiene en el largo plazo ninguna viabilidad para poder alcanzar un crecimiento robusto» (Mendoza, 2019).

En este contexto, el Fonadin ha desempeñado un papel relevante, ya que es uno de los brazos ejecutores del gobierno en el desarrollo de infraestructura, pero ante los resultados obtenidos, se propone cambiar la perspectiva a través de un proceso de nueva gobernanza, a efecto de que la selección de proyectos se haga sobre otras bases y criterios, de manera que trasciendan los tiempos políticos, se potencien las interrelaciones geográficas y se maximicen los efectos transversales en distintos sectores de la economía. Con ello se tendrán elementos y argumentos tanto para evaluar el diseño y la puesta en marcha de las políticas públicas, como para resolver las controversias que se presentan en esta materia, como es el caso de la construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional en Texcoco.

Asimismo, parece ineludible la búsqueda de fórmulas de financiamiento para el desarrollo de la infraestructura y, en este sentido, es importante incentivar la participación de capital privado para estos proyectos, tomando en cuenta que los fondos de inversión y las fibras han demostrado ser una buena alternativa.



El autor

Daniel Ordóñez Bustos es doctor en Economía, con experiencia profesional en el campo de las telecomunicaciones y en la evaluación y financiamiento de proyectos. En materia de investigación ha escrito artículos y varios textos, uno de los cuales resultó ganador de la 1ª Convocatoria Nacional NYCE. En el ámbito académico fue profesor del Departamento de Economía de la Universidad Iberoamericana durante catorce años y actualmente participa en el Programa de Maestría en Línea de la Universidad Anáhuac.

Correo electrónico: daordone@gmail.com

Bibliografía

- Andrade Hernández, J.M. y Lugo Delgadillo, M. (2018). «Qué tan factible es aumentar el acervo de infraestructura en México: una propuesta de inversión de largo plazo». Instituto Belisario Domínguez. Recuperado de <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/3969>
- Arrow, K. J. y Kurz, M. (1970). «Public investment, the rate of return and optimal fiscal policy». Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Aschauer, D.A. (1989). «Is public expenditure productive?». *Journal of Monetary Economics* 23: 177-200.
- Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, Banobras (2018). *Informe anual 2017*. México. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/416642/Informe_Anuar_Consolidado.pdf
- Calderón, C. y Servén, L. (2002), «The output cost of Latin America's infrastructure gap»; Central Bank of Chile, Working Paper (186). Recuperado de: <https://webimages.iadb.org/publications/spanish/document/Financiamiento-de-la-infraestructura-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-%C2%BFC%C3%B3mo-cu%C3%A1nto-y-qui%C3%A9n.pdf>
- Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción (2017). «Ranking mundial de competitividad en infraestructura 2017-2018 (World Economic Forum)» (documento en línea). Recuperado de: <https://www.cmic.org.mx/cmiec/ceesco/2018/RANKING%20MUNDIAL%20DE%20COMPETITIVIDAD%204.0%20EN%20INFRAESTRUCTURA%202018-2019.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (2011). «Caracterización de la brecha de infraestructura económica en América Latina y el Caribe». *Boletín FAL* (293). Recuperado el 25 de febrero de 2019 de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36132/1/FAL-293-WEB_es.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (2016) «La gobernanza de la infraestructura a favor del desarrollo basado en la igualdad y la sostenibilidad» (sitio de internet). Recuperado el 12 de febrero de 2019 de: <https://www.cepal.org/es/temas/infraestructura/la-gobernanza-la-infraestructura-favor-desarrollo-basado-la-igualdad-la-sostenibilidad>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (15 de mayo de 2017). «Inversión en infraestructura en países de América Latina y el Caribe se mantiene por debajo de necesidades de la región» (sitio de internet). Recuperado el 12 de febrero de 2019 de: <https://www.cepal.org/es/noticias/inversion-infraestructura-paises-america-latina-caribe-se-mantiene-debajo-necesidades-la>
- Fondo Nacional de Infraestructura, Fonadin (s/f) Reglas de operación. Fideicomiso núm. 1936. Fondo Nacional de Infraestructura. Recuperado de:

- http://www.fonadin.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/Reglas_de_Operacion_2015_11.pdf
- Hartley, Keith y Tisdell, Clem (1981). «Micro-Economic Policy». Nueva York: John Wiley & Sons.
- Mendoza Escamilla, Verónica (22 de marzo de 2019). «Sin inversión en infraestructura, no es viable crecer más: Urzúa». *Forbes*. Recuperado el 25 de marzo de 2019 de <https://www.forbes.com.mx/sin-inversion-en-infraestructura-no-es-viable-crecer-mas-urzua/>
- Niskanen, W. (1971). «Bureaucracy and Representative Government». Chicago: Aldine Atherton.
- Noriega, A. y Fontenla, M. (2007). «La infraestructura y el crecimiento económico en México». *El Trimestre Económico* . 74 (296). Recuperado de: <http://www.eltrimestreeconomico.com.mx/index.php/te/article/view/386/583>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE (2016). «Hacia infraestructuras exitosas. Diez retos clave para la gobernanza y opciones de política». Recuperado de: <https://www.oecd.org/gov/budgeting/hacia-infraestructuras-exitosas.pdf>
- Peiro Ucha, Alfonso (s/f) «Deuda senior». Economipedia (sitio de internet). Recuperado el 15 de febrero de 2019 de: <https://economipedia.com/definiciones/deuda-senior.html>
- Pindick, R. y Rubinfeld, D. (1995). «Microeconomía». España. Prentice Hall.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público, SHCP (2016). «Proyectos APP». Recuperado el 5 de marzo de 2019 de: <https://www.gob.mx/shcp/acciones-y-programas/proyectos-app>
- Serebrisky, T., Suárez-Alemán, A. y Ramírez. M. (2015) «Financiamiento de la infraestructura en América Latina y el Caribe: ¿Cómo, cuánto y quién?». *Banco Interamericano de Desarrollo*. Recuperado de: <https://webimages.iadb.org/publications/spanish/document/Financiamiento-de-la-infraestructura-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-%C2%BFC%C3%B3mo-cu%C3%A1nto-y-qui%C3%A9n.pdf>
- Standard & Poor's (2015). «Global Infrastructure Investment: Timing Is Everything (and Now is the Time)». Standard & Poor's Ratings Services. Recuperado de: https://pdfsecret.com/download/global-infrastructure-investment-trade-and-forfaiting-review_59fc33b1d64ab28ae265cb1f_pdf
- Tourliere, M. (2019). «El Fonadin, otra descomunal veta de corrupción del gobierno de Peña Nieto». *Proceso*. (2203): 36-38.

Bonos verdes versus bonos convencionales: ¿existe una demanda diferenciada en México?

Rogelio Arellano Cadena
Banco de México ¹

Lucía Pérez Delgado
Universidad Anáhuac México

Artículo recibido el 11 de enero y aprobado el 23 de mayo de 2019

Resumen

¿Es la demanda de bonos verdes diferente a la demanda de bonos convencionales? A partir del estudio seminal de Fama y French (2007) quienes consideraron que la demanda de activos financieros, además de criterios de rendimiento y riesgo, podría explicarse por motivos no pecuniarios, diversos trabajos han intentado responder a esta pregunta (Asian Bond Monitor, 2018; Ehlers y Packer, 2017; Reboredo, Quintela y Otero, 2017; Östlund, 2015, y Zerbib, 2016, 2019). La mayoría de los resultados indican que los bonos verdes otorgan un rendimiento inferior a aquel pagado por los bonos convencionales. Ello hace concluir que sí existe una demanda diferenciada de este tipo de bonos. Hasta ahora, no se cuenta con estudios que realicen esa comparación para el caso de México.

El presente análisis pretende cerrar esa brecha, intentando identificar si existe una diferenciación por parte de los inversionistas en México entre su demanda de un bono verde y de un bono convencional. Para ello, se utilizan las posturas de compra (ask price) para dichos bonos emitidos por la misma institución, ya sea en la misma fecha o con el mismo plazo de vencimiento. Los resultados sugieren que la distribución de las posturas de compra difiere entre uno y

¹ Las opiniones aquí expresadas son responsabilidad del autor y no reflejan la postura del Banco de México.



otro tipo de bono y que, cuando los bonos tienen el mismo plazo de vencimiento, los inversionistas están dispuestos a aceptar rendimientos ligeramente inferiores en bonos verdes.

Palabras clave: bonos verdes, bonos convencionales, riesgos ambientales.
Clasificación JEL: Q51, Q54.

Abstract

Is the demand for green bonds different from the demand for conventional bonds? Previous analysis that compare financial returns between green and conventional bonds (Asian Bond Monitor, 2018; Ehlers and Packer, 2017; Reboredo, Quintela y Otero, 2017; Östlund, 2015, and Zerbib, 2016, 2019) show, in most cases, that green bonds have a lower return than conventional bonds. No study comparing such bonds has yet been done for Mexico.

This study aims to close such gap, intending to identify if investors have a differentiated demand for green bonds with respect to comparable conventional bonds. Contrary to previous analysis that compare observed returns, we use the ask prices for green and conventional bonds issued either on the same date or with the same maturity by the same institution. The results suggest that the distribution on ask prices differ between green and conventional bonds. Additionally, there is a negative difference in their mean returns for bonds with the same maturity.

Keywords: green bonds, conventional bonds, environmental risks.

JEL Classification: Q51, Q54.

1. Introducción

El estudio del impacto que el calentamiento global y, en general, que las modificaciones en el medio ambiente ejercen en la economía es relativamente reciente: los análisis más detallados se han realizado en la última década.² Estos estudios se han enfocado, en particular, en señalar las probables consecuencias de mantener temperaturas promedio superiores a 2 °C en relación con la época preindustrial. Es de notar que el análisis sobre la participación que el sector financiero puede tener para mitigar dichos impactos o los riesgos que el medio ambiente puede inducir en la estabilidad financiera es aún más reciente. En el primer caso, destaca el papel que los instrumentos (bonos, créditos e instrumentos mixtos) denominados «verdes» pueden tener para fondear proyectos amigables con el medio ambiente y que, a la vez, sean atractivos para los inversionistas.³

En el ámbito multilateral, los trabajos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático han sido fundamentales para destacar las consecuencias adversas del cambio climático y sugerir acciones para enfrentarlo. Así por ejemplo, en su análisis sobre sus efectos efectuado a principios de la presente década, el Grupo de Expertos (2013) destacó, entre otros puntos, que:

- El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios.
- La producción de cereales se reduce un 5 % aproximadamente por cada grado de aumento en la temperatura.
- Entre 1901 y 2010, el nivel medio del mar en el mundo aumentó 19 cm. Se prevé una elevación media del nivel del mar de entre 24 y 30 cm para 2065 y entre 40 y 63 cm para 2100.
- Las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO₂) han aumentado casi 50 % desde 1990. Entre 2000 y 2010 se produjo un incremento de las emisiones mayor que en las tres décadas anteriores.

2 Son de destacar los estudios del Banco Mundial (2018), y del Banco Mundial e International Financial Corporation (2016), el Foro Económico Mundial (2018), el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés, 2013), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014) y de la OCDE (2018).

3 En el caso de instrumentos financieros verdes, véase Comisión Europea (2016) y Banco Mundial e International Financial Corporation (2016). Para el tema de riesgos ambientales y estabilidad financiera, consúltese Nieto (2017).

- Las pérdidas anuales promedio causadas solo por tsunamis, ciclones tropicales e inundaciones alcanzan los cientos de miles de millones de dólares y exigen inversiones de unos 6000 millones de dólares anuales solo en gestión del riesgo de desastres.⁴

Estos hechos, por demás contundentes, impulsaron a que, en 2015, la Organización de las Naciones Unidas adoptara, entre los Objetivos Globales para el Desarrollo Sostenible, medidas urgentes para combatir al cambio climático y sus efectos. La meta es limitar el aumento de la temperatura media global a un máximo de 2 °C respecto a los niveles preindustriales. Como instrumento para alcanzar los Objetivos Globales, se realizó un compromiso de carácter financiero: movilizar, para el año 2020, 100 000 millones de dólares anuales para ayudar a mitigar los desastres relacionados con el cambio climático. Por su parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2017) estima que para 2030, y con el objetivo de cumplir con las metas establecidas, se requieren casi siete billones (millones de millones) de dólares para fundear proyectos de infraestructura amigable con el medio ambiente. Para el caso de México, la Corporación Financiera Internacional (2016) estimó un potencial de inversión en energía renovable del orden de 75 000 millones de dólares.

De acuerdo a Zerbib (2016), el sector privado tiene los recursos financieros requeridos para facilitar la transición hacia una economía más amigable con el medio ambiente, complementando los fondos públicos disponibles. Un vehículo para lograr dicho objetivo lo constituyen, precisamente, los bonos verdes.

El concepto de «bono verde» tiene su origen en 2007, cuando el Banco de Inversión Europeo colocó el Climate Awareness Bond. A partir de entonces, la emisión de bonos verdes ha tenido un desarrollo dinámico. Ha sido utilizado por organismos multilaterales (empezando por el Banco Mundial en 2008), gobiernos subfederales (el primero en Gotemburgo en 2013), corporativos no financieros (el primer bono verde de este tipo fue emitido por la empresa Vasakronan, en Suecia en 2013), bancos de desarrollo nacionales (siendo el primero en su tipo el banco alemán KfW, en 2014), y naciones (Polonia fue el primer país en emitir un bono soberano verde en 2016).⁵

-
- 4 Más recientemente, el Banco Mundial (2018) —entre otras instituciones— ha analizado el posible impacto del cambio climático sobre los flujos migratorios: sin la implementación de acciones para mitigar el cambio climático, el Banco Mundial estima que alrededor de 143 millones de personas de las regiones de Latinoamérica, África subsahariana y el Sur de Asia (aproximadamente el 2.8 % de la población de dichas regiones) estarían forzadas a migrar debido a la disminución de la disponibilidad de agua y a la reducción de la productividad en sus cosechas.
- 5 Para un desarrollo detallado de la evolución de la utilización de bonos verdes a nivel internacional, tema que va más allá del objetivo de este documento,

Precisamente, la fuerte penetración de bonos denominados como verdes en el mercado financiero internacional incidió en que, para fortalecer la confianza de los inversionistas en este instrumento y evitar que los recursos obtenidos por esta vía fueran asignados a proyectos «no verdes», la Asociación Internacional de Mercados de Capital (ICMA por sus siglas en inglés) desarrollara los «Principios de Bonos Verdes». En estos lineamientos se establecieron principios rectores en cuatro aspectos: a) uso de los recursos provenientes de la emisión; b) proceso de evaluación y selección de los proyectos a fondear; c) administración de los recursos y d) reportes periódicos. Estos Principios definieron bono verde como «cualquier tipo de bono en el que los fondos se aplicarán exclusivamente para financiar o re-financiar, en parte o en su totalidad, Proyectos Verdes elegibles, ya sean nuevos y/o existentes» (Asociación Internacional de Mercados de Capital, 2014).

En México, los principios de la ICMA fueron adoptados por el Consejo Consultivo de Finanzas Climáticas,⁶ que en 2016 emitió los «Principios de Bonos Verdes MX». Con ellos se establecieron lineamientos para el proceso de emisión de este tipo de bonos con el objetivo de dar confianza a los potenciales compradores sobre el beneficio ambiental asociado a los proyectos financiados.

2. Marco conceptual: bonos verdes

Los bonos verdes tienen características muy similares a las de los bonos convencionales, excepto porque los fondos recaudados se dirigen exclusivamente a la inversión de proyectos que favorecen al medio ambiente o que detienen su deterioro. Existen, no obstante, algunas diferencias, como la menor liquidez de los bonos verdes y los mayores costos asociados a la comprobación de que, en efecto, los fondos recaudados se dirijan hacia proyectos verdes.

véase Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (2018), Moid (2018), Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico/Asociación Internacional de Mercados de Capital (2016) y Sustainable Banking Network, World Bank International Finance Corporation (2018).

- 6 Este Consejo se integra por la Bolsa Mexicana de Valores, la Asociación de Bancos de México, la Iniciativa de Bonos Climáticos (Climate Bond Initiative), la Asociación Mexicana de Instituciones Bursátiles, la Asociación Mexicana de Administradores de Fondos para el Retiro, la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, la Asociación Mexicana de Asesores Independientes de Inversiones, bancos de desarrollo, bancos multilaterales, inversionistas institucionales, emisoras y calificadoras.

Sin embargo, cuando un bono verde y un bono convencional son colocados por el mismo emisor, sus perfiles de riesgo son prácticamente idénticos, toda vez que, inclusive, el pago de intereses y capital de los bonos verdes puede provenir de recursos generados por el emisor.

Para los emisores de un bono verde, los posibles beneficios son (MexicoCO₂, 2017, Moid, 2017):

- Imagen y visibilidad ante sus inversionistas, manifestando un compromiso creíble sobre una estrategia ambiental;
- Atracción de nuevos inversionistas con estrategias sustentables que buscan activos con impactos ambientales positivos;⁷
- Aumento en la confianza e interés del inversionista al ofrecer transparencia y certeza sobre el uso de los recursos;
- Facilitación del financiamiento del proyecto al adecuar su duración con la del bono.

Por su parte, los posibles beneficios para los inversionistas son:

- La alineación de sus intereses como inversionistas «ambientalmente responsables» con la compra de activos verdes que, inclusive, puede ser un mandato de su Consejo;
- Diversificación de portafolios.

En materia de rendimientos, los proyectos verdes pueden, por una parte, estar asociados a un menor rendimiento, toda vez que tienden a enfrentar mayores costos de producción y de desarrollo tecnológico. Por la otra, dado que los activos asociados a energías renovables e inversiones amigables con el medio ambiente han ganado terreno —tanto competitiva como tecnológicamente— en relación con proyectos relativos a combustibles fósiles o con impactos adversos al medio ambiente, los rendimientos de los instrumentos asociados a proyectos verdes pueden ser mayores que los vinculados con otro tipo de proyectos.

⁷ Cabe mencionar que se han desarrollado varias iniciativas para promover la asignación de activos financieros hacia inversiones verdes. Una de ellas, es el Montreal Carbon Pledge, iniciativa que empezó en 2014 y en la que más de 120 inversionistas internacionales con activos administrados con un valor superior a los 10 billones de dólares se comprometieron al desarrollo del mercado de bonos verdes y a medir e informar sobre la huella de carbón de sus inversiones.

En México, la primera emisión de bonos verdes se efectuó a finales de 2015, con la colocación de un bono por 500 millones de dólares de Nacional Financiera para financiar proyectos de energía eólica. Hasta octubre de 2018, se habían realizado en México trece colocaciones de bonos verdes/sustentables/sociales, por un monto aproximado de \$166 000 millones (tabla 1). Las mayores colocaciones correspondieron al Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, que en 2016 emitió bonos verdes por un valor de 2000 millones de dólares y, un año después, por 4000 millones de dólares.

Como puede apreciarse en la tabla 1, las colocaciones de bonos verdes han sido muy variadas, tanto en monto (desde 600 hasta 6000 millones de pesos) como en plazo (desde tres hasta 25 años). No obstante, destaca que en la mayoría de las emisiones se ha registrado una sobredemanda, medida por la relación entre el monto solicitado por los inversionistas y el convocado por la institución o empresa colocadora. Es de subrayar, en particular, la sobredemanda en las emisiones de bancos de desarrollo (NAFIN, cinco y tres veces el monto convocado, Banobras, 5.2 veces) y por el Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (GACM, 6.5 veces), cifras que sugieren el interés del público inversionista por este tipo de bonos. Ahora bien, la sobredemanda referida no es necesariamente un indicador de que dicho bono, por el hecho de catalogarse como «verde», sea preferido a un bono convencional. Para ello sería necesario comparar, al menos, la sobredemanda de bonos convencionales colocados por oferentes con la misma calificación de riesgo, con el mismo plazo y en el mismo día. Tomando esto en consideración, con el propósito de identificar si existe o no una diferenciación de los inversionistas entre un bono verde y un bono que no tiene esa categoría (bono convencional), en las siguientes secciones del documento se hace un análisis al respecto. Primero, se resumen los principales estudios sobre el tema, los cuales se enfocan en comparar el diferencial de rendimiento de un bono verde con uno convencional. Posteriormente se presenta un análisis de caso para México.

Tabla 1. Bonos etiquetados (verdes, sociales y sustentables) emitidos en México

Bonos etiquetados emitidos en México						
Tipo de bono	Nombre	Monto	Plazo (años)	Sobredemanda/Calificación	Uso de los recursos	
Bono verde 05-nov-15	NAFIN	USD 500 M'	5	5.0/AAA	Energía eólica	
Bono verde 01-sep-16	NAFF 16 V	MXP 2000 M'	7	3.0/AAA	Energía eólica, pequeñas hidroeléctricas	
Bono verde 29-sep-16	GACM	USD 1000 M' USD 1000 M'	10 30	6.5/AAA	Construcción sustentable, EE, energía renovable, agua y desechos	
Bono verde 07-dic-16	GCDMX 16V	MXP 1000 M'	5	2.5/AAA	Transporte limpio, manejo de agua y desechos, EE	
Bono social 19-jul-17	NAFR 17S	MXP 4000 M'	5	3.34/AAA	Infraestructura, vivienda, acceso a servicios, alimentación, empleo	
Bono sustentable 27-jun-17	AGUA 17X AGUA 17-2X	MXP 600 M' MXP 1400 M'	3 10	2.0 / mxAA- 1.5 / mxAA-	Infraestructura para agua limpia y potable, almacenamiento, saneamiento y reciclaje de agua	

Bonos etiquetados emitidos en México						
Bono sustentable 31-ago-17	BANOB 17x	MXP 6000 M'	3 años	1.6 /AAA	Proyecto hidroeléctrico, energía limpia, infraestructura básica	
Bono sustentable 14-sep-17	BANOB 17-2X	MXP 4000 M'	7	0.70 /AAA	Línea 7 metrobus, centros de desarrollo infantil, aguas residuales	
Bono verde 17-sep-17	GCDMX 17X	MXP 2000 M'	10	1.78 /AAA	Construcción sustentable, EE, energía renovable, agua y desechos	
Bono sustentable 15-feb-18	BANOB 18 X	MXP 2560 M'	7	5.17	Proyecto hidroeléctrico, energía limpia, infraestructura básica	
Bono verde 20-abr-18	Eólica Mesa la Paz	USD 303 M'	25	AAA	Construcción sustentable, EE, energía renovable, agua y desechos	
Bono verde 27-sep-18	Bancomer 18V	MXP 3500 M'	3	1.3	Energía eólica, edificios verdes	
Bono verde 19-oct-18	FEFA 18V	MXP 2500 M'	5	1.83/AAA	Agricultura protegida	

Fuente: MexiCO₂ (2018).

3. Marco teórico

En los modelos de valuación de precios de activos, uno de los supuestos utilizados es que los inversionistas consideran primordialmente información de rendimientos y riesgos para la elección de sus portafolios. No obstante, Fama y French (2007) relajaron estos supuestos al estimar que los activos financieros pueden ser demandados por otras razones, considerándose no solo «bienes de inversión» sino también «bienes de consumo». Ello ocurre, por ejemplo, cuando un inversionista, por su «deseo de pertenecer» a la compañía, tiene activos de su empleador más allá de razones de rendimiento y riesgo, o cuando prefiere invertir en activos de su país o de su localidad, aunque el rendimiento sea inferior a otro tipo de activos. Un ejemplo adicional ocurre cuando el inversionista es «socialmente responsable» y elige adquirir instrumentos por una preferencia «ética». En este último caso puede enmarcarse la demanda de bonos verdes.

Son escasos y recientes los estudios que se han orientado a analizar si los inversionistas tienen una demanda diferenciada por instrumentos financieros amigables con el medio ambiente («instrumentos verdes») y por otros que no lo son.

Entre estos estudios, Reboredo, Quintela y Otero (2017) compararon el rendimiento de fondos mutuales asociados a proyectos de energía alternativa con el rendimiento de fondos mutuales convencionales. Para ello, estiman una variante del «alfa de Jensen» para cada caso.⁸ Su muestra abarca el período 2010-2016 y utilizan los rendimientos semanales observados en dichos fondos. Los autores consideraron portafolios cotizados tanto en dólares como en euros.

La ecuación considerada por Reboredo, Quintela y Otero (2017) es la siguiente:

$$\alpha = (R_p - R_f) - \gamma_1 (R_m - R_f) - \gamma_2 \text{SMB} - \gamma_3 \text{HML} - \gamma_4 \text{MOMT} - \gamma_5 (R_m - R_f)^2 + \varepsilon$$

Donde R_p es el rendimiento del portafolio (ya sea de fondos mutuales de energía alternativa, ya sea de fondos mutuales convencionales), R_m es el rendimiento del mercado, medido como el retorno del índice bursátil, R_f es la tasa libre de riesgo (para los fondos en euros, la tasa Euribor; para los fondos en dólares, la tasa de bonos del Tesoro). La ecuación incorpora, además,

8 Jensen, M. (1968). El indicador «alfa» mide el rendimiento de un activo financiero en relación a un rendimiento teórico: $\alpha = R_p - [R_f + \beta (R_m - R_f)]$, donde R_p es el rendimiento del portafolio, R_m es el rendimiento del mercado, R_f es la tasa libre de riesgo y β es la β del portafolio (volatilidad de este en relación con el mercado). Así, una alfa positiva sugiere que el portafolio tiene un rendimiento superior al rendimiento teórico.

variables representativas de diversos riesgos: SMB representa el riesgo asociado al tamaño de la empresa, HML intenta capturar el riesgo de impago y MOMT es el riesgo de momento (medido como la diferencia entre el portafolio con los rendimientos más altos y el portafolio con los rendimientos más bajos en el período previo).

Para las alfas de los fondos mutuales de energía alternativa, los resultados arrojan no solo valores negativos, sino también valores inferiores a las alfas obtenidas para los fondos mutuales convencionales. De estos resultados, los autores concluyen que los inversionistas están dispuestos a pagar una prima por asignar sus fondos a proyectos de energía renovable: el rendimiento de los fondos mutuales de energía alternativa cotizados en euros es inferior en 13 pb (puntos base) al de otros fondos mutuales, mientras que el rendimiento para el caso de fondos mutuales de energía alternativa cotizados en dólares es inferior en 26 pb.

A diferencia del trabajo de Reboredo, Quintela y Otero (2017), que se orienta a analizar fondos mutuales que cotizan diariamente, cuyo rendimiento se calcula por la variación en el precio del fondo y que incorpora variables adicionales que reflejan diversos riesgos (SMB, HML y MOMT), otros estudios se han enfocado en analizar específicamente la tasa a la que se colocan bonos verdes y compararla con la tasa a la que se colocan bonos convencionales, dado que los factores que explican sus rendimientos son prácticamente idénticos. Es decir, ambos tipos de bonos (verdes y convencionales) son emitidos en la misma moneda, institución, grado de inversión y duración.

Uno de estos estudios es el realizado por Zerbib (2016, 2019), quien utiliza un proceso de «emparejamiento» para bonos verdes y convencionales colocados por el mismo emisor.⁹ Así, para cada bono verde, Zerbib ubica los dos bonos convencionales con las fechas de vencimiento más cercanas colocados por el mismo emisor y con características iguales a las del bono verde: moneda, colateral y calificación de riesgo. Debido a que las fechas de vencimiento no son idénticas, el autor incorpora únicamente los bonos convencionales con fechas de vencimiento que no superen en dos años (ni antes ni después) la fecha de vencimiento del bono verde. Adicionalmente, tomando en consideración que puede haber una diferencia en la liquidez del bono verde y de su contraparte convencional —lo cual puede afectar su rendimiento— Zerbib incorpora dos limitantes adicionales: monto y fecha de

9 Este método, también conocido como «enfoque directo», consiste en emparejar dos instrumentos financieros con las mismas propiedades, excepto por la propiedad de interés en particular (en el caso de Zerbib, la característica verde de un bono). Este método fue implementado por Renneboog, Ter horst y Zhang (2008) para comparar el rendimiento de fondos de inversión calificados como «éticos» en relación con fondos convencionales.

emisión. Así, restringe que los bonos convencionales i) tengan una fecha de emisión a lo más seis años después (o seis años antes) que la emisión del bono verde, y ii) que el monto de dicha emisión no sea superior a cuatro veces, ni inferior a una cuarta parte, del monto de la emisión del bono verde.

Zerbib obtiene datos de 110 bonos verdes cotizados en el mercado internacional y de los bonos convencionales considerados como contraparte. Los datos comprenden el período entre julio de 2013 y diciembre de 2017, y la ecuación estimada es la siguiente:

$$p_i = \Delta y_{i,t} - \beta \Delta \text{Liquidez}_{i,t} + e_{i,t}$$

Donde p_i es el premio en el rendimiento del bono verde y $\Delta y_{i,t}$ es la diferencia del rendimiento del bono verde en relación con el bono convencional ($y^V - y^C$). Tomando en consideración que la liquidez puede incidir en el diferencial de rendimiento, Zerbib ajusta el premio (p_i) por la diferencia en la liquidez entre el bono verde y el bono convencional ($\Delta \text{Liquidez}$). Esta última se estima por el margen de precio de compra respecto al precio de venta de cada bono (*ask/bid spread*). El resultado es que, en promedio, el bono verde tiene un ligero premio negativo (descuento) de 1.76 pb en relación con el bono convencional.

Ehlers y Packer (2017), por su parte, implementan una metodología de «emparejamiento» similar a la utilizada por Zerbib. A diferencia de este, incorporan como factor explicativo adicional que el bono verde haya sido certificado o verificado por un tercero.¹⁰ Estos autores corrigen también el amplio intervalo de tiempo en la fecha de emisión (+/- 6 años) considerado por Zerbib, y toman el bono convencional emitido en la fecha más próxima al bono verde. Así, comparan las tasas de colocación de 21 bonos verdes con las de bonos convencionales colocados por los mismos emisores. Al considerar únicamente la tasa a la que se coloca el bono y, por tanto, contar con un número limitado de observaciones, su análisis se enfoca únicamente en comparar estadísticas básicas de las tasas ofrecidas.

Los resultados de estos autores indican que no existe una diferencia en el rendimiento entre un bono verde y uno convencional cuando el primero no ha sido certificado por un tercero. No obstante, al considerar únicamente

10 No existe aún una definición internacionalmente aceptada de lo que significa «verde». Ello puede inducir mayores costos de búsqueda y de verificación a los inversionistas interesados en comprar instrumentos financieros «verdes». Una manera de mitigar estos costos de búsqueda es la certificación realizada por empresas calificadoras, las que verifican que los fondos obtenidos son asignados a proyectos de mejora ambiental.

bonos verdes certificados, el resultado obtenido difiere: los bonos verdes tienen un rendimiento inferior, en promedio, en 18 pb frente a los bonos convencionales. No obstante, los autores destacan que existe una variación considerable: la desviación estándar del premio es de 27 pb, mientras que cinco de los 21 bonos verdes analizados tienen un rendimiento superior al de los bonos convencionales.

Asian Bond Monitor (2018) realiza un ejercicio similar al de Zerbib (2016), es decir, «empareja» bonos verdes con bonos convencionales colocados por el mismo emisor, en la misma moneda y con la misma calificación crediticia. A diferencia de Zerbib, este estudio incorpora lo «verde» de un bono verde a través de una variable ficticia (*dummy*) que representa si el bono verde ha sido certificado por la Iniciativa para el Cambio Climático (CBI por sus siglas en inglés).¹¹

Así, para una muestra de 60 emisiones de bonos verdes en el período 2010-2017, obtiene los rendimientos mensuales en el mercado secundario (tanto del bono verde como de su contraparte convencional) y estima la siguiente ecuación:

$$\text{Premio} = a_0 + a_1 \text{ Verde} + a_i \text{ Control}_i$$

Donde «verde» corresponde a una variable ficticia que tiene el valor unitario si el bono verde cuenta con la certificación CBI; las variables de control también se incluyen como variables ficticias: para la calificación crediticia (AAA, AA, A y BBB), para la moneda de emisión (dólares, euros y no dólares/no euros), y sectoriales (financiero, servicios y otros).

El resultado de este estudio es que el rendimiento pagado por bonos verdes que no han sido certificados es igual que el de su contraparte convencional. No obstante, cuando los bonos verdes cuentan con la certificación del CBI, su rendimiento es inferior, en promedio, en 7 pb en relación con los convencionales. Ello, sugiere el artículo, destaca la importancia de la señal que otorga una agencia certificadora para reducir los costos de información de los inversionistas, quienes así están dispuestos a adquirir un bono verde con un rendimiento inferior.

Finalmente, es de destacar el trabajo de Östlund (2015), quien analiza 28 casos de bonos verdes y de sus contrapartes convencionales, obtenidas con la metodología de emparejamiento descrita anteriormente (mismo emisor,

11 Este es un esquema de certificación internacional que cuenta con esquemas de monitoreo y reporte para comprobar que los fondos obtenidos a través de un bono verde sean efectivamente asignados a financiar proyectos que mejoren el medio ambiente.

moneda y riesgo). El número de casos es reducido toda vez que el autor, de 274 bonos verdes listados en la fecha considerada, descarta aquellos que i) no tuvieron una contraparte convencional, ii) tuvieron emisiones inferiores a diez millones de dólares (considerando que pueden tener problemas de liquidez) y iii) no presentaron una serie de precios continua.

El autor no realiza una estimación econométrica. En vez de ello, efectúa una prueba de hipótesis para aceptar (o no) que la diferencia en las medias del rendimiento de los bonos verdes (R_g) y de los bonos convencionales (R_c) es cero:

$$H_0: R_g - R_c = 0$$

Sus resultados indican que la hipótesis, al considerar la muestra total de bonos, no es rechazada. Así, a diferencia de los estudios previamente reseñados, Östlund concluye que no existe una preferencia por bonos verdes toda vez que no encuentra una diferencia estadísticamente significativa en sus rendimientos. Adicionalmente, el autor concluye que, al comprobar la hipótesis con pares de bonos individuales, 21 de los 27 casos rechaza H_0 al encontrar un diferencial negativo en los rendimientos, mientras que los seis casos restantes rechaza H_0 al encontrar un diferencial positivo.

4. Análisis para el caso de México: metodología y resultados

Como se mostró en la sección previa, el análisis comparativo entre bonos verdes y convencionales es aún muy reciente. Los resultados de los estudios referidos sugieren, en la mayoría de los casos, que hay una demanda diferenciada por ese tipo de bonos a nivel internacional, en particular cuando los bonos verdes cuentan con certificación. Asimismo, se destacó que los análisis utilizan información de los rendimientos observados (ya sea por la variación de precios, en el caso de fondos mutuales, o por el diferencial en el retorno en el mercado secundario de uno y otro tipo de bono). Estos estudios cuentan con datos de numerosas colocaciones de bonos a nivel internacional, los cuales se cotizan en el mercado secundario, lo que les permite tener series de tiempo suficientemente largas para realizar estimaciones econométricas y definir, a través de la comparación de los rendimientos y controlando por otras variables (moneda, plazo, riesgo, certificación, liquidez, etc.), si existen preferencias distintas entre un tipo de bono y otro.

En el caso del presente trabajo se presenta la limitante de que, como se mostró en la tabla 1, las emisiones de bonos verdes en el país han sido

escasas (a octubre de 2018 solo se habían realizado ocho). Además, los inversionistas mantienen, por lo general, la tenencia de bonos verdes hasta el vencimiento, por lo que su comercialización en el mercado secundario es reducida. Ello limita considerablemente el número de datos disponibles para efectuar una estimación econométrica, como en la mayoría de los estudios referidos en la sección anterior. Dadas estas limitantes, para comprobar (o rechazar) la hipótesis de una demanda diferenciada por un bono verde y otro convencional, en este documento utilizamos las posturas de compra (*ask price*) de los demandantes de bonos durante el día en que se realiza la oferta de los mismos. De manera similar a los estudios previos, elegimos bonos (verdes y convencionales) emitidos por una misma institución: FEFA.¹² Así, al comparar bonos colocados por el mismo emisor, denominados en la misma moneda (pesos) y con el mismo riesgo de crédito (calificación: AAA MEX por Fitch Ratings y mxAAA por Standard & Poor's), la diferencia en las posturas de demanda, en caso de haberlas, reflejaría primordialmente una preferencia distinta entre un bono verde y un bono convencional.¹³

En el trabajo se presentan dos ejercicios para analizar si la demanda del bono verde tiene una distribución diferente que la de los convencionales. Para ello, se comparan inicialmente las posturas de demanda de los bonos FEFA ofrecidos en la misma fecha, 23 de octubre de 2018, tanto de los verdes (FEFA 18V, con plazo de vencimiento de 1092 días) como de los convencionales (FEFA 18-4, con plazo de vencimiento de 560 días, y FEFA 18-5, con plazo de vencimiento de 1820 días).¹⁴ Dado que los montos ofrecidos fueron muy similares (2500 millones para el bono verde y 2875 millones

12 FEFA es el Fondo Especial para Financiamiento Agropecuario, que forma parte de FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). FEFA es el Fondo de FIRA que tiene atribuciones para colocar deuda en los mercados.

13 Es de reconocer que una limitante es controlar si el inversionista, en su manejo de portafolios, decide entre bonos FEFA u otro tipo de bonos. No obstante, cabe mencionar que el día de la emisión de los bonos de FEFA (23 de octubre de 2018) no hubo colocaciones de papel corporativo o del gobierno. El 18 de octubre se realizaron las siguientes colocaciones de deuda corporativa: Grupo Famsa (a 196 días), Mercader Financial (SOFOM, a 308 días), Navistar Financial (SOFOM, a 252 días), Finactiv (SOFOM, a 364 días) y Arrendadora Actinver (a 28 días); el 25 de octubre se colocó papel de Aeroméxico (a 168 días). Dado el menor plazo y el mayor riesgo de estos instrumentos en relación con los bonos FEFA, podría concluirse que el papel corporativo no afectó en gran medida la demanda de bonos FEFA.

14 Se toman en cuenta estos dos bonos dado que fueron colocados mediante «vasos comunicantes».

para los bonos convencionales), esta comparación también limita el posible problema de liquidez mencionado en los estudios previos.¹⁵

El segundo ejercicio toma en cuenta que la diferencia en el plazo de vencimiento de los bonos puede afectar sus respectivas posturas de demanda. Así, se comparan las posturas de demanda del bono verde del 23 de octubre (plazo de vencimiento de 1092 días) con las de los convencionales que tienen el mismo plazo de vencimiento (1092 días), realizadas en las fechas previas más próximas (FEFA 18-2, en mayo de 2018, y FEFA 17-2, en mayo de 2017). Esta elección cumple con el método de emparejamiento sugerido por Zerbib, toda vez que la diferencia en la fecha de colocación (5 y 17 meses) es considerablemente menor a la considerada por el autor (6 años).

La información utilizada para ambos ejercicios proviene del «libro ciego» de cada una de las colocaciones, que reporta, para cada postura de demanda, la hora, el monto y tasa/precio solicitado, así como el monto y tasa/precio asignado. Adicionalmente, es de destacar que el bono verde de FEFA fue certificado por la empresa *Sustainalytics*, lo cual facilita la identificación de tal característica a los inversionistas demandantes de este tipo de instrumentos, en línea con los trabajos del Asian Bond Monitor (2018) y de Ehlers y Packer (2017).

En ambos ejercicios se realiza una prueba χ^2 para identificar si la distribución de las posturas de demanda para uno y otro tipo de bono provienen de una distribución diferente. El resultado es relevante: sí es posible encontrar una diferenciación en la distribución de las posturas de los inversionistas para adquirir un bono verde respecto a uno convencional, los emisores de los primeros no tienen necesariamente que ofrecer incentivos para colocar su papel o, alternativamente, los costos asociados a una certificación de un bono verde pueden ser absorbidos con una menor tasa del mismo; los inversionistas reflejan sus preferencias ambientales, no pecuniarias, aceptando un menor rendimiento.

En la siguiente tabla se presentan las principales características de los bonos referidos: montos (convocado, solicitado y asignado, cifras en millones de pesos), plazo de vencimiento (días) y tasas mínimas, máximas y asignadas (puntos porcentuales adicionales a TIIIE).

15 Como se destacó en la sección anterior, para poder comparar un bono verde con uno convencional, Zerbib considera que el monto de emisión del bono verde no sea ni mayor a cuatro veces ni menor al 25 % de la emisión del bono convencional.

Tabla 2. Colocaciones FEFA. Datos generales

	Colocación 23 de octubre			Mismo plazo	
	FEFA 18V (verde)	FEFA 18-5	FEFA 18-4	FEFA 18-2	FEFA 17-2
Monto convocado	2500	2875	2875	5750	3000
Monto solicitado	4587.43	1237.14	4694	6642	6471
Monto asignado	2500	610.66	2264	2300	2300
Plazo (días)	1092	1820	560	1092	1092
Sobredemanda	1.83	0.43	1.63	1.16	2.16
Tasa mínima solicitada	0.05	0.19	0	0.1	0.2
Tasa máxima solicitada	0.28	0.39	0.15	0.33	0.45
Tasa única asignada	0.15	0.25	0.1	0.2	0.35

Fuente: elaboración propia con base en datos de la Bolsa Mexicana de Valores. Los montos se presentan en millones de pesos. Las tasas se refieren a puntos porcentuales sobre TIIE. El mismo plazo se refiere a colocaciones a 1092 días, como fue la de FEFA 18V. La sobredemanda se mide por la relación entre el monto solicitado y el monto asignado.

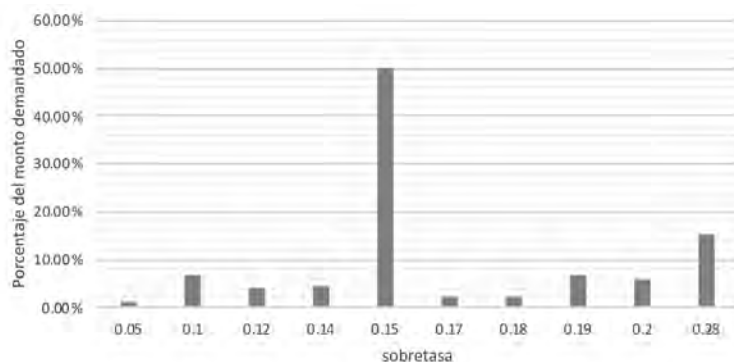
En la primera parte del cuadro se presenta la comparación del bono verde FEFA 18V con los convencionales FEFA 18-4 y FEFA 18-5, todos ellos emitidos en la misma fecha (23 de octubre de 2018). Si bien existe el pormenor de que el plazo de vencimiento no es el mismo, ello se mitiga de alguna manera al considerar que la emisión de los bonos convencionales se efectúa a través de vasos comunicantes (una colocación a 560 días, la otra a 1820 días). Esta situación explica que las posturas de demanda de los bonos convencionales se dirigiera primordialmente hacia aquellos de menor plazo de vencimiento (560 días, mismos que tuvieron una demanda de 1.63 veces el monto convocado), respecto a los bonos convencionales con mayor plazo de vencimiento (1820 días, que tuvieron una relación de demanda a oferta de únicamente 0.43 veces). Es de resaltar también que la sobredemanda de bonos verdes (1.83 veces el monto convocado), a pesar de tener un plazo de 1092 días, haya sido superior a cualquiera de los bono convencionales.

La distribución de las posturas de demanda se presenta en las siguientes gráficas, ordenadas por rendimiento pagado (sobretasa respecto a TIIE).

En el caso de los bonos convencionales, dado que se colocaron a través de «vasos comunicantes», se sumaron las posturas respectivas. En una primera comparación gráfica, es factible sugerir que la demanda de los inversionistas difiere entre el bono verde y los bonos convencionales.¹⁶ Más adelante se realizan pruebas estadísticas tanto para comprobar o rechazar dicha hipótesis como para analizar si la diferencia en las tasas pagadas es o no cero.

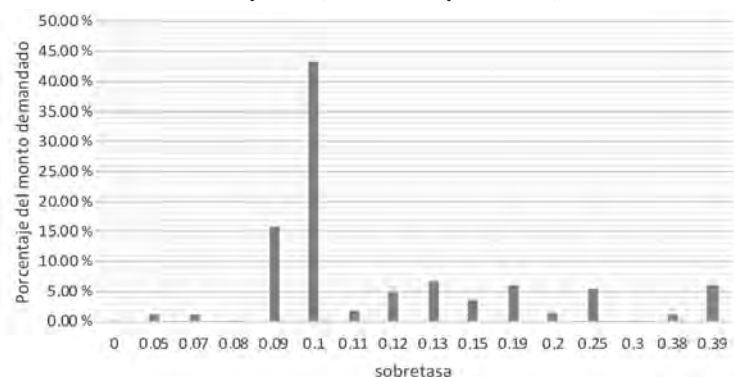
Gráficas 1 y 2. Comparativo del bono verde con otros bonos (mismo día de emisión, diferente plazo de vencimiento)

Gráfica 1. FEFA bono verde (distribución y sobretasa)



Fuente: Bolsa Mexicana de Valores.

Gráfica 2. FEFA bonos 18-4 y 18-5 (distribución y sobretasa)



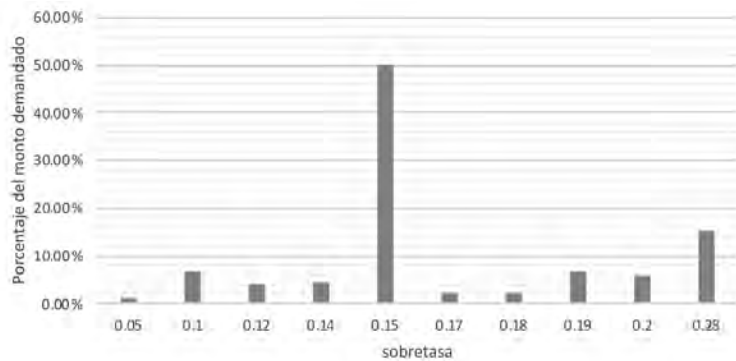
Fuente: Bolsa Mexicana de Valores. Bonos colocados a través de vasos comunicantes.

16 La moda en el primero de ellos fue TIIIE+15 pb; en el caso de los segundos fue TIIIE+10 pb.

Un segundo ejercicio consiste en comparar el bono verde con bonos convencionales colocados con el mismo plazo de vencimiento (1052 días), con el objetivo de evitar el efecto que colocaciones con plazos de vencimiento diferentes puede tener en la tasa demandada en las colocaciones. En este caso, los datos incorporados en la segunda parte de la tabla 2 indican que, tanto la tasa asignada como las tasas mínimas y máximas demandadas fueron inferiores en el bono verde que en los bonos convencionales.

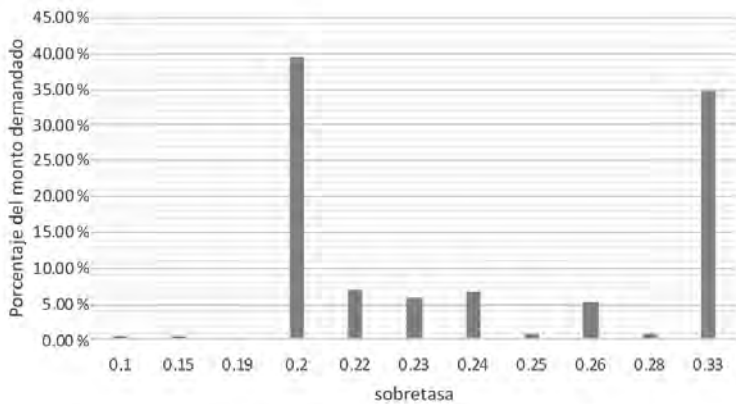
Gráficas 3, 4 y 5. Comparativo del bono verde con otros bonos (mismo plazo de vencimiento, diferente día de emisión)

Gráfica 3. FEFA Bono verde (distribución y sobretasa)



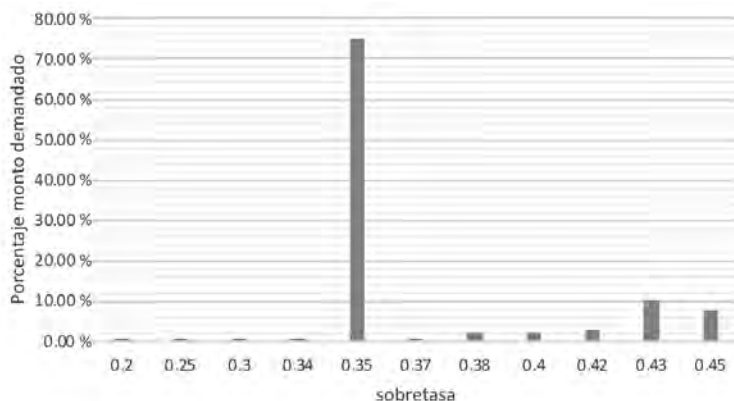
Fuente: Bolsa Mexicana de Valores.

Gráfica 4. FEFA Bono 18-2 (Distribución y sobretasa)



Fuente: Bolsa Mexicana de Valores.

Gráfica 5. FEFA Bono 17-2 (Distribución y sobretasa)



Fuente: Bolsa Mexicana de Valores.

Para formalizar el análisis y determinar si las posturas de demanda realizadas por los inversionistas para adquirir el bono verde pueden considerarse similares a las de bonos convencionales, se efectúa la prueba estadística χ^2 que permite identificar si dichas posturas provienen de la misma distribución o si pueden considerarse independientes. En caso de que provengan de la misma distribución, puede inferirse que no hay una demanda diferenciada por el bono verde en relación con el bono convencional. Por el contrario, si las distribuciones son independientes, los resultados sugerirían que sí hay una demanda diferenciada entre dichos bonos.

La prueba estadística se especifica como se muestra a continuación:

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(n_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (1)$$

Para realizarla, se construye una matriz de frecuencias, donde los renglones son las sobretasas ofertadas por los inversionistas (en relación con el TIIE), y las columnas son el número de posturas para cada tipo de bono (verde o convencional).¹⁷ Así, n_{ij} es la observación de la sobretasa i ofrecida para las posturas del bono tipo j .

El número total de posturas para una determinada sobretasa es:

$$R_j = \sum n_{ij} \quad (2)$$

¹⁷ El total de posturas para ambos tipos de bono emitidos en la misma fecha fue 85; el total de posturas para ambos tipos de bono emitidos con el mismo plazo fue 64.

El número total de posturas por tipo de bono es:

$$C_i = \sum nij \quad (3)$$

Y la frecuencia de cada una de las posturas:

$$Eij = (Ri - Cj) / N \quad (4)$$

En la prueba, H_0 es la hipótesis de que no existen diferencias significativas entre los elementos de las muestras y H_1 de que sí existen tales diferencias.

La regla de decisión es la siguiente:

- si $\chi^2 \leq \chi^2_T$, H_0 no puede ser rechazada, es decir, no existe diferencia en la distribución de las posturas de demanda para uno y otro tipo de bono, y puede concluirse que la demanda no es diferenciada;
- si $\chi^2 > \chi^2_T$, H_0 debe ser rechazada, por lo que puede concluirse que la distribución de las posturas de demanda se refleja en distribuciones independientes y que la demanda por uno y otro tipo de bono es diferenciada.

El resultado de la prueba se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de las pruebas*

	χ^2 obtenida	χ^2 de tablas
Bonos verdes respecto a colocaciones mismo día	69.25	36.19
Bonos verdes respecto a colocación mismo plazo FEFA 18-2	92.5	21.66
Bonos verdes respecto a colocación mismo plazo FEFA 17-2	91.14	23.21

*19 grados de libertad para posturas de bonos el mismo día (FEFA 18V y FEFA 18-4 y 18-5); nueve y diez grados de libertad para las posturas de bonos verdes (FEFA 18V) en relación con FEFA 18-2 y FEFA 17-2 respectivamente. El valor de la X^2 de las tablas es al 99 % de confianza, por lo que puede considerarse que las pruebas son robustas.

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla 3, tanto al comparar las posturas de los inversionistas para bonos verdes con las de convencionales en el mismo día (23 de octubre de 2018), como al compararlas para bonos verdes y convencionales para los mismos plazos (FEFA 18-2 y FEFA 17-2, todas a 1052 días) la χ^2 obtenida es mayor que la de tablas ($\chi^2 > \chi^2_T$), por lo

que la hipótesis nula (no hay diferencias significativas en la distribución de las posturas de los inversionistas para los diferentes tipos de bonos) es rechazada al 99 % de confianza.

Si bien estos resultados sugieren que las posturas de demanda para bonos verdes provienen de una distinta distribución que para convencionales, ello no implica necesariamente que haya una diferencia en las tasas asignadas para uno u otro tipo de bono, como es la conclusión de la mayoría de los estudios referidos en el marco teórico. Para ello, siguiendo el estudio de Östlund (2015), analizamos si la diferencia en las tasas demandadas es o no cero, formulando las siguientes hipótesis:

$$H_0: \text{tasa del bono verde} - \text{tasa del bono convencional} = 0$$

$$H_1: \text{tasa del bono verde} - \text{tasa del bono convencional} \neq 0$$

Así, en caso de rechazar H_0 , podría inferirse que no solo la distribución de las posturas de demanda es diferente (como se presentó en el apartado anterior) sino que ello también se refleja en un diferencial en las tasas asignadas. En particular, en línea con los resultados de la mayoría de los estudios reseñados previamente, se intentaría comprobar que el diferencial de tasas es negativo, es decir, que al presentar sus posturas de demanda los inversionistas de bonos verdes están dispuestos a aceptar una tasa de interés inferior a la de los bonos convencionales, sugiriendo que su demanda por bonos verdes tiene un componente no pecuniario.

Para comprobar lo anterior, se analiza la diferencia en las medias de las tasas para una y otra postura de demanda y se construye un intervalo de confianza para cada caso:¹⁸

$$R_v - R_c \pm t_{(95\%/2, n+m-2)} s_p \sqrt{(1/n) + (1/m)}$$

Donde R_v es la tasa promedio demandada para el bono verde, R_c la tasa promedio demandada para el bono convencional, n y m son el número de casos (grupos) de posturas de demanda para el bono verde y el convencional, respectivamente, y s_p es la desviación estándar de las dos muestras.¹⁹ Los principales datos utilizados se presentan en la tabla 4.

18 Ross (2014: 253-260).

19 $S_p^2 = ((n-1) S_1^2 + (m-1) S_2^2) / (n+m-2)$, donde S_1^2 es la varianza de las posturas de demanda del bono verde y S_2^2 es la varianza de las posturas de demanda del bono convencional. Al 95 % de confianza la t de tablas con 23 grados de libertad (caso de bonos emitidos en la misma fecha) es 2.069; su valor con 17 grados de libertad (caso de bonos con el mismo plazo) es 2.11.

Tabla 4. Estadísticas generales de posturas de demanda de bonos FEFA

	Colocación 23 de octubre		Mismo plazo	
	Bono verde	Bono convencional	Bono conv. 1	Bono conv. 2
Tasa promedio demandada	0.158	0.174	0.223	0.354
Desviación estándar	0.0625	0.1098	0.063	0.08
Casos	10	15	11	11

Fuente: elaboración propia con base en información de las colocaciones de FEFA, Bolsa Mexicana de Valores.

Los intervalos obtenidos al 95 % de confianza son:

a. Misma fecha de colocación

Tasa bono verde – tasa bono convencional (-0.0955, 0.0635)

b. Mismo plazo

Tasa bono verde – tasa bono convencional1 (-0.1257, -0.0037)

Tasa bono verde – tasa bono convencional 2 (-0.2646, -0.1266)

En el primer caso —misma fecha de colocación (23 de octubre)— el intervalo de confianza incorpora el valor cero, por lo que no es posible rechazar la hipótesis nula. Así, a pesar de que las distribuciones en las posturas de demanda son diferentes para el bono verde y los bonos convencionales colocados en la misma fecha, no hay una diferencia estadísticamente significativa en la media de las tasas demandadas.

Por el contrario, en el segundo caso, en el que se analizan las posturas de demanda para el bono verde y los dos bonos convencionales emitidos con el mismo plazo de vencimiento (1052 días), el intervalo de confianza no incluye el valor cero. Por ello, es posible rechazar la hipótesis nula y puede concluirse que sí hay una diferencia —en este caso negativa— estadísticamente significativa: la media de las tasas demandadas por el bono verde es inferior a la media de las tasas demandadas para cualquiera de los bonos convencionales. Ello sugiere que, en este caso, los inversionistas sí presentan motivos no pecuniarios para demandar bonos verdes, aceptando un menor rendimiento.²⁰

20 Al intentar identificar si existían factores de riesgo no incorporados, se revisó el valor del índice de bonos para mercados emergentes (EMBI, *Emerging Market Bond Index*) para México. Tanto en octubre de 2018 como en mayo del mismo año y en el mismo mes de 2017 (meses en que se emitieron los bonos que se comparan), el indicador de riesgo osciló entre 190 y 200 puntos. Ello sugiere que las

En suma, el análisis presentado en esta sección sugiere que las posturas de demanda (*ask prices*) de bonos verdes sí tiene una distribución diferente a la de bonos convencionales. Ello ocurre tanto para la comparación de bonos emitidos en la misma fecha como cuando se compararon bonos con el mismo plazo de vencimiento. Sin embargo, únicamente en el segundo caso es factible concluir que los inversionistas están dispuestos a aceptar una menor tasa al adquirir bonos verdes.

5. Conclusión

El sistema financiero amigable con el medio ambiente ha adquirido cada vez mayor importancia como vía para enfrentar el cambio climático y otros riesgos ambientales. En México, diversas instituciones han impulsado ese objetivo. Para lograrlo, por ejemplo, la Bolsa Mexicana de Valores estableció el Índice de Precios y Cotizaciones Sustentable y creó la organización MexiCO₂. Asimismo, la mayoría de las grandes instituciones financieras implementan, para la medición y control de riesgos ambientales, el Sistema de Administración de Riesgos Ambientales y Sociales (SARAS). Finalmente, cabe destacar que la Asociación de Bancos de México desarrolló el «Protocolo de Sustentabilidad», al que se han afiliado numerosas instituciones financieras. En este entorno, los bonos verdes constituyen un instrumento relevante para financiar proyectos ambientalmente amigables y, así, desarrollar el mercado verde.

Durante la presente década, la colocación de bonos verdes se ha desarrollado rápidamente a nivel internacional. No obstante, las emisiones de estos bonos han sido escasas en nuestro país. El presente documento analiza si, derivada de razones no pecuniarias, existe en México una demanda diferenciada entre el bono verde y el convencional. De no haberla, podría dificultarse el desarrollo del mercado verde, toda vez que los inversionistas podrían asignar sus recursos hacia bonos convencionales.

A diferencia de estudios previos que se orientan a comparar los rendimientos observados de bonos verdes y convencionales en el mercado secundario, en este trabajo recurrimos a la información de las posturas de demanda (*ask price*) realizadas por inversionistas el día de la colocación. Ello debido no solo a que las colocaciones de bonos verdes en nuestro país han sido escasas, sino también a que la mayoría de los inversionistas los

condiciones de riesgo eran muy similares, por lo que el diferencial en tasas puede ser explicable por las diferentes preferencias de los inversionistas.

mantiene a vencimiento, por lo que las transacciones en el mercado secundario son limitadas.

Los bonos elegidos —tanto verdes como convencionales— son los que emite el Fondo Especial para Financiamiento Agropecuario (FEFA), calificados por *Fitch Ratings* y *Standard & Poor's* con alto grado de inversión, emitidos en la misma moneda y con montos relativamente similares. Ello implicaría un nivel de riesgo cercano para ambos tipos de bono. Las posturas de demanda se comparan para bonos colocados, por tanto, el mismo día, aunque con plazos de vencimiento diferentes, así como en días diferentes, con el mismo plazo de vencimiento.

En el trabajo se realizan dos análisis. El primero, para comprobar si existe una demanda diferenciada para uno y otro tipo de bono. Con ese objetivo, se analiza la distribución de las posturas de demanda en uno y otro caso. Los resultados sugieren que las demandas de los inversionistas, ante un papel emitido por la misma institución, son diferenciadas en el caso de un papel verde y otro convencional, independientemente de la fecha de emisión y de vencimiento.

En el segundo análisis se intenta corroborar si existe una diferencia en las medias del rendimiento (*ask price*) en las posturas de demanda del bono verde y de los convencionales. Ello se comprueba únicamente cuando dichos bonos se emitieron con el mismo plazo de vencimiento. En este caso, los inversionistas están dispuestos a aceptar rendimientos inferiores en los bonos verdes en relación con los convencionales. Es decir, un bono verde puede pagar rendimientos ligeramente inferiores pues hay una demanda «ambientalista» por el mismo. Este resultado está en línea con los obtenidos en los estudios de Asian Bond Monitor (2018), Ehlers y Packer (2017) y (Zerbib 2016, 2019). En contraparte, cuando se compara el bono verde con el convencional con la misma fecha de emisión, la prueba de hipótesis realizada no permite llegar a la misma conclusión. Este último punto concuerda con los resultados de Östlund (2015).

Así, si bien la distribución de las posturas de demanda es diferente para un bono verde y uno convencional, la media de sus respectivos rendimientos no siempre es distinta. Cabe mencionar que el resultado del estudio tiene la limitante de tomar datos de las posturas de demanda realizadas en una sola colocación de bono verde (FEFA 18V). Una veta para estudios posteriores consiste en profundizar el estudio una vez que se incremente en el país el número de colocaciones de bonos verdes e intentar utilizar datos de las colocaciones de bonos verdes y convencionales de otros bancos de desarrollo.

Los autores

Lucía Pérez Delgado es licenciada en Economía por el ITAM; tiene una maestría en Economía por la Universidad de California en Los Ángeles y un doctorado en Ciencias Sociales y Políticas por la Universidad Iberoamericana (UIA). Ha sido coordinadora de la carrera de economía en la Universidad Anáhuac del Norte y Directora de Vinculación y Educación Continua en el CIDE. Actualmente imparte cursos en la Facultad de Economía y en la Facultad de Medicina de la UAN, y en la UIA. Sus intereses particulares son economía monetaria, economía de la salud y economía ambiental.

Correo electrónico: arellanolucia@hotmail.com

Rogelio Arellano Cadena es licenciado en Economía por el ITAM y tiene una maestría y doctorado en Economía por la Universidad de California en Los Ángeles. Fue ministro-representante de la Secretaría de Comercio ante la OCDE y consultor para el Banco Interamericano de Desarrollo y el Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos. Actualmente es investigador en el Banco de México, en donde se desempeñó como Gerente de Fideicomisos de Fomento. Es profesor de asignatura en la UAN. Sus intereses son economía monetaria y economía ambiental.

Correo electrónico: arellanorogelio61@hotmail.com

Referencias bibliográficas

- Asian Bond Monitor (junio de 2018). «The role of greenness indicators in green bond market development: an empirical analysis». Asian Development Bank: 40-51.
- Banco Mundial (2018). *Groundswell. Preparing for Internal Climate Migration*. Recuperado de: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29461>
- Banco Mundial, International Finance Corporation (2016). *Climate-Smart Investment Potential in Latin America: A Trillion Dólar Opportunity*. Washington, Banco Mundial. Recuperado de: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/0d9f8fbf-2738-4432-843c-05184b9546d8/LAC+1Trillion+6-13-16+web+FINAL.pdf?MOD=AJPERES>
- Cheng, B., Ioannou, I. y Serafeim, G. (2014): «Corporate social responsibility and access to Finance». *Strategic Management Journal*, vol. 35, núm. 1: 1-23. Doi: 10.1002/smj.2131
- Comisión Europea (2016). *Study on the potential of green bond finance for resource-efficient investments*. Luxemburgo, Unión Europea. Doi: 10.2779/234777
- Consejo Consultivo de Finanzas Climáticas, CCFC (2016). *Principios de Bonos Verdes MX*. México, Bolsa Mexicana de Valores. Recuperado de: https://www.bmv.com.mx/docs-pub/MI_EMPRESA_EN_BOLSA/CTEN_MINGE/PRIN_BONOS_VERDES_MX2_1.pdf
- Ehlers, T. y Packer, F. (2017). «Green bond Finance and certification». *BIS Quarterly Review*: 89-103. Recuperado de: https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qt1709h.pdf
- Fama, E. y French, K. (2007). «Disagreement, tastes, and asset prices». *Journal of Financial Economics* 83: 667-689.
- Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (2018). *Green Bonds: Ecosystem, Issuance Process and Regional Perspectives. Mexico Edition*. Bonn, Eschborn, Alemania: (GIZ) GmbH. Recuperado de: http://www.emergingmarketsdialogue.org/wp-content/uploads/2018/06/GIZ-SEB-ABM_Green-Bonds_Mexico-Edition.pdf
- Foro Económico Mundial (2018). *Informe de riesgos mundiales 2018* (13ª ed.). Ginebra: World Economic Forum. Recuperado de <https://www.mmc.com/content/dam/mmc-web/Global-Risk-Center/Files/the-global-risks-report-2018-es.pdf>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (2013). *Cambio Climático 2013. Bases Físicas*. (s/l). OMM, PNUMA. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wgl1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC (2014). *Actualización y divulgación de los nuevos escenarios de cambio climático aplicados a México para fortalecer las capacidades nacionales*. México, INECC. Recuperado de: <https://www.gob.mx/inecc/documentos/actualizacion->

- y-divulgacion-de-los-nuevos-escenarios-de-cambio-climatico-aplicados-a-mexico-para-fortalecer-las-capacidades-nacionales
- International Capital Market Association, ICMA (2018). “Los Principios de los Bonos Verdes 2018 – Green Bond Principles (GBP) Guía del Procedimiento Voluntario para la Emisión de Bonos Verdes”. Recuperado de: <https://www.icmagroup.org/green-social-and-sustainability-bonds/green-bond-principles-gbp/>
- Jensen, M. (1968). «The performance of mutual funds in the period 1945-1964». *Journal of Finance*, vol. 23: 389-416. Doi: 10.2139/ssrn.244153
- Los principios del Ecuador* (2013). Recuperado de http://equator-principles.com/wp-content/uploads/2018/01/equator_principles_spanish_2013.pdf
- MexiCO₂ (2018). «Bonos etiquetados emitidos en México». México, MexiCO₂ (sitio de internet). Recuperado de: [http://www.mexico2.com.mx/uploadsmexico/file/Bonos%20Emitidos%20en%20México\(2\).pdf](http://www.mexico2.com.mx/uploadsmexico/file/Bonos%20Emitidos%20en%20México(2).pdf)
- MexiCO₂ (19 de marzo de 2017). Bonos verdes. «*Los bonos verdes como alternativa de financiamiento para los proyectos de infraestructura*». Tercer Seminario de Asociación Público-Privada de México: Impulso al Desarrollo de Infraestructura para la Sociedad. Ciudad de México. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/208275/Presentacion_BV-APPs_Alba_Aguilar.pdf
- Moid, S. (2018). «Green bonds: country experiences, challenges and opportunities». *Rajagiri Management Journal*, vol.11: 63-78. Recuperado de: <http://journals.rajagiri.edu/index.php/rmj/article/view/16>
- Nieto, M. (2017). *Banks and environmental sustainability: some financial stability reflections* (Documento de trabajo). International Research Centre on Cooperative Finance.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE (2017). *Investing in Climate, Investing in Growth*. Recuperado de: https://read.oecd-ilibrary.org/economics/investing-in-climate-investing-in-growth_9789264273528-en#page1
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE/Asociación Internacional de Mercados de Capital (2016). *Green Bonds: Country Experiences, Barriers and Options*. (s.p.i.) Recuperado de: http://unepinquiry.org/wp-content/uploads/2016/09/6_Green_Bonds_Country_Experiences_Barriers_and_Options.pdf
- Östlund, E. (2015). «Are investors rational profit maximisers or do they exhibit a green preference? Evidence from the green bond market». Stockholm School of Economics Department of Economics, tesis de maestría en Economía, 2014-2015. Recuperado de <http://arc.hhs.se/download.aspx?MediumId=2494>
- Pérez Delgado, L. y Arellano, R. (2018). *Enverdecimiento del Sector Financiero*. México: Instituto de Desarrollo Universidad Anáhuac, Actualización 70.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD (2011). *Catalizando el financiamiento para enfrentar el cambio climático*. Nueva York:

- PNUD. Recuperado de: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/environment-energy/catalyzing-climate-finance.html>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (2018). *Making Waves. Aligning the Financial System with Sustainable Development*. Ginebra: PNUMA. Recuperado de: http://unepinquiry.org/wp-content/uploads/2018/04/Making_Waves_lowres.pdf
- Reboredo, Juan C., Quintela, M. y Otero, L. (2017). «Do investors pay a Premium for going green? Evidence from alternative energy mutual funds». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 73: 512-520.
- Renneboog, L., Ter Horst, J. y Zhang, C. (2008). «The price of ethics and stakeholder governance: the performance of socially responsible mutual funds». *Journal of Corporate Finance*: 302-322.
- Ross, S. (2014). *Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists* (3ª ed.). San Francisco: Elsevier.
- Sustainable Banking Network, World Bank International Finance Corporation (2018). *Creating green bond markets. Insights, Innovations, and Tools from Emerging Markets* (en línea). Recuperado de: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/2448e622-3e36-4098-b228-ffe52185af51/SBN+Creating+Green+Bond+Markets+Report+Toolkit.pdf?MOD=AJPERES>
- Task Force on Climate Related Financial Disclosures (2017). *Final Report. Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (en línea). Recuperado de: <https://www.fsb-tcfd.org/publications/final-recommendations-report/>
- Zerbib, O.D. (2016). «Is There a Green Bond Premium? The Yield Differential Between Green and Conventional Bonds». Recuperado de: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2889690
- Zerbib, O.D. (2019): «The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds». *Journal of Banking and Finance*, 98: 39-60.

LINEAMIENTOS PARA LOS AUTORES

The Anáhuac Journal: Business and Economics es una revista semestral de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad Anáhuac México.

The Anáhuac Journal recibe artículos inéditos que no se hayan publicado en ningún medio impreso o electrónico, ni que hayan sido postulados de forma simultánea para su publicación en otras revistas u órganos editoriales.

Los artículos deben ser producto de investigaciones y estudios con resultados originales en las siguientes líneas temáticas:

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| a) Derecho corporativo | g) Mercadotecnia |
| b) Gobierno corporativo | h) Economía y estrategia |
| c) Responsabilidad social empresarial | i) Finanzas y contaduría |
| d) Ética empresarial | j) Toma de decisiones |
| e) Liderazgo y dirección | k) Economía |
| f) Emprendimiento e innovación | l) Innovación |

Sobre el proceso

1. *The Anáhuac Journal* utiliza el sistema de gestión editorial OJS (Open Journal Systems), de ahí que todos los manuscritos enviados por los autores deben ser ingresados en este sistema. Para ello, los autores necesitan registrarse y enviar sus artículos acompañados del formulario de Declaración de autoría, buenas prácticas y cesión de derechos. Se devolverá a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.
2. Los artículos se enviarán a dos árbitros, quienes determinarán en forma anónima: a) publicarlo sin cambios, b) publicarlo cuando se hayan realizado correcciones menores, c) publicarlo una vez que se haya efectuado una revisión a fondo o d) rechazarlo. En caso de discrepancia entre ambos resultados, el texto se enviará a un tercer árbitro, cuya decisión definirá su publicación. Los resultados del proceso de dictamen académico serán inapelables en todos los casos. Los trabajos enviados por académicos serán siempre sometidos a consideración de árbitros externos a su institución.
3. Una vez aceptado el trabajo en su versión final, el autor cede todos los derechos patrimoniales sobre su obra por tiempo indefinido y otorga consentimiento para que *The Anáhuac Journal* lo reproduzca en distintos medios.
4. Los trabajos autorizados por los árbitros se publicarán en la revista y se notificará a sus autores sobre esta decisión en un plazo máximo de cuatro meses a partir de la recepción del documento.
5. La revista se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales que considere pertinentes.

Requisitos y aspectos formales para la presentación de los trabajos

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío satisfaga todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverá a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices. Por políticas editoriales, todos los envíos deben hacerse en esta plataforma, por lo tanto, no se recibirán manuscritos enviados directamente a través de correo electrónico.

Estructura mínima del trabajo:

- Formato WORD (formato.doc o .docx), tipografía Arial de 12 puntos, interlineado de 1.5 cm.
- La extensión máxima es de 25 hojas tamaño carta (215.9 x 279.4 mm). incluyendo tablas, figuras, referencias y apéndices.
- Los artículos pueden ser escritos en español o inglés y deben incluir un resumen en ambos idiomas. En todos los casos, incluyendo los artículos en español, la calidad del estilo de la versión final es total responsabilidad del autor o autores.
- El resumen será de hasta 180 palabras; deberá incluir máximo 5 palabras clave y la clasificación JEL (Journal of Economic Literature), que puede descargarse de la siguiente liga: <https://www.aeaweb.org/econlit/jelCodes.php?view=jel>
- El título, resumen y palabras clave deben ir al comienzo del artículo.
- Deberá incluir una introducción que refleje con claridad los antecedentes del trabajo, su desarrollo y conclusiones.
- Las notas de pie de página deberán estar en la hoja correspondiente y deberán usarse para aclarar conceptos o cuestiones editoriales, pero no para las referencias bibliográficas.
- Las referencias bibliográficas se harán según las normas de la APA. No deben extenderse de modo innecesario y deberán aparecer completas en páginas separadas, ordenadas alfabéticamente y, para cada autor, en orden cronológico, del más antiguo al más reciente. Deben tener la información completa sobre la fuente respectiva, incluyendo el DOI (Digital Object Identifier) cuando esté disponible, y deben insertarse al final del artículo, antes de cualquier apéndice. Los autores deben asegurarse de que haya una correspondencia estricta entre los nombres y años reconocidos en el texto y aquellos listados en la bibliografía, es decir, todos los trabajos citados deberán aparecer en las referencias bibliográficas.
- Las referencias bibliográficas se harán según las normas de la APA que establecen, entre otras, lo siguiente:
 - a) *Libros*: Autor (apellido e inicial del nombre). Año de publicación (entre paréntesis). Título del libro (en cursivas), Edición (entre paréntesis y solo si se considera importante). Lugar de edición (:), Editorial. Si no tiene editorial se escribe [s.n.], del latín sine nomine, que significa «sin nombre».

Ejemplo: Castel, R. (1997). *Las metamorfosis de la cuestión social. Una crónica del asalariado* (1ª ed.). Argentina: Paidós.

Libro con más de un autor: Autor(es) (apellido e inicial del nombre). Año de publicación (entre paréntesis). Título del libro (en cursivas). Edición (entre paréntesis), Lugar de edición (:), Editorial: De Mattos, C. y Ducci, M.E. (2005). Santiago en la globalización: ¿una nueva ciudad? (2ª ed.). Santiago: Lom.

Ejemplo: De Mattos, C. y Ducci, M.E. (2005). *Santiago en la globalización: ¿una nueva ciudad?* (2ª ed.). Santiago: Lom.

Note que si el libro está escrito por más de 5, deberá indicarse con un et al. después del primer autor (del latín *et alia* (y otros).

Ejemplo: Dellanegra, G. *et al.* (1983). *Los países del Atlántico Sur: geopolítica de la Cuenca de la Plata*. Buenos Aires: Pleamar.

- b) Artículo de revista impresa: Apellido, inicial del nombre. Año de publicación (entre paréntesis). Título del artículo en redondas y entre comillas. Nombre de la

revista (en cursivas), Volumen de la revista, número de edición (entre paréntesis): intervalo de páginas en el que se encuentra el artículo.

Ejemplo: Oszlak, O. (2009). “El Estado transversal”. *Encrucijadas UBA*, 8 (26): 2-4.

- c) Artículo de revista en internet: Apellido, inicial del nombre. Año de publicación (entre paréntesis). Título del artículo (en redondas y entre comillas). Nombre de la revista (en cursivas). Volumen de la revista, número de edición (entre paréntesis), Recuperado de (seguido de dos puntos): página de internet. Ejemplo: Gardner, H. (1983). “La teoría de las inteligencias múltiples”. *Revista Española de Investigación en Educación*, 9 (2). Recuperado de: <http://urlinventada.es>

Cualquier otra fuente, como base de datos o enciclopedia en línea debe integrar datos detallados del texto citado: autor si lo hay, si no, directamente el título del texto, año si lo hay y si no lo hay, colocar (s/f) (sin fecha). Y la dirección de internet. Recuperado de: página de internet

En el caso de que el texto tenga DOI, incluirlo. Esta es la página para búsqueda de DOI: <http://search.crossref.org/?q=>

Ejemplo: Morey, C. C. *et al.* (2015). “The color-sharing bonus: Roles of perceptual organization and attentive processes in visual working memory”. *Archives of Scientific Psychology*, 3: 18-29. DOI: doi.org/10.1037/arc0000014

- Las ilustraciones, fotografías, mapas, diagramas, dibujos, deben tener sus leyendas correspondientes, títulos, una numeración consecutiva, la fuente de donde se obtuvo la información (en caso de ser elaboración propia, hay que señalarlo de esa manera) y deben estar libres de derechos. En caso de imágenes, ilustraciones o dibujos deben estar en alta resolución (300 dpi); en caso de tablas y gráficas deberá enviarse aparte el archivo original en el que fueron creadas (excel, power point, etcétera).
- Los títulos de cuadros y gráficas deben realizarse en tablas de word o excel e ir secuenciados en números arábigos. El cuadro o gráfica debe llevar encabezado en letra negrita tipo Times New Roman y al centro. En la parte inferior debe anotarse la fuente con letra de 10 puntos. En los cuadros debe citarse la fuente (autor y año); con el siguiente formato: bordes (líneas) internos y sencillos, sin bordes izquierdo y derecho en los títulos de cada columna. Las gráficas con borde suave y las barras y líneas en tonos grises. OJO: las fuentes de tablas o gráficos que no sean elaboración propia deben también ir incluidos en las Referencias bibliográficas.
- Las pruebas matemáticas largas y tablas muy detalladas y extensas deberán estar en un apéndice o, en su caso, omitirse. Los autores deberán hacer un esfuerzo por explicar los resultados del significado de las pruebas matemáticas.
- Las ecuaciones deberán presentarse en líneas separadas y centradas. Deberán estar numeradas consecutivamente, en el margen derecho, usando números arábigos entre paréntesis.
- Información del autor(es): en la última página deberán incluirse los datos generales del autor (es): nombre completo, centro o departamento al que se encuentra(n) adscrito(s) laboralmente, dirección postal institucional, dirección de correo electrónico y un breve resumen de su experiencia académica (no mayor a 250 palabras).
- Los manuscritos deben ir acompañados de la carta firmada de aviso de privacidad y cesión de derechos a la revista *The Anáhuac Journal*.



Aviso de derechos de autor/a

© 2019, Facultad de Economía y Negocios, Universidad Anáhuac. Reservados todos los derechos. La publicación del artículo en versión impresa implica la cesión total de los derechos de autor (*copyright*) a la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad Anáhuac México. La revista se reserva el derecho para la reproducción total o parcial del trabajo en otros medios impresos, electrónicos o cualquier otra alternativa, reconociendo siempre su autoría.

Declaración de privacidad

Los datos personales introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines.

Acerca de este sistema de publicación

Esta revista utiliza Open Journal Systems (<https://openjournalsystems.com>), que es un gestor de revistas de acceso abierto y un *software* desarrollado, financiado y distribuido de forma gratuita por el proyecto Public Knowledge Project sujeto a la Licencia General Pública de GNU.

GUIDELINES FOR AUTHORS

The Anáhuac Journal: Business and Economics is a semiannual publication from the School of Business and Economics at Universidad Anáhuac Mexico.

The Anáhuac Journal receives unpublished articles that have not appeared in any print or electronic media, nor have been simultaneously proposed for publication in other journals or editorial entities.

Articles should come from research and studies, and offer original results in the following subject areas:

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| a) Corporate law | g) Marketing |
| b) Corporate government | h) Economics and Strategy |
| c) Corporate social responsibility | i) Finance and Accounting |
| d) Corporate ethics | j) Decision making |
| e) Leadership and Management | k) Economics |
| f) Entrepreneurship and Innovation | l) Innovation |

About the process

1. *The Anáhuac Journal* uses the OPJ (Open Journal Systems) editorial management system, and all manuscripts submitted shall be uploaded to this system. Authors are required to register and submit their articles along with the Statement of authorship, good practices and cession of rights. Articles that do not comply with these guidelines will be returned to the author.
2. Works are submitted to two judges, who will anonymously determine whether: a) to publish the work without changes, b) to publish the work with minor corrections, c) to publish the work after a complete review, or d) to reject the work. In the event the judges are not in agreement in their decision, the text will be sent to a third judge, whose decision will be final. All works submitted will be considered by judges not affiliated with the author's institution.
3. Once the work's final version has been accepted, the author yields all their rights for an unlimited period and grants consent to *The Anáhuac Journal* on their work to reproduce it in any format.
4. Accepted articles will be published in the journal and authors will be notified of this decision within four months from the submission of the original document.
5. The journal reserves the right to make the editorial changes it deems necessary.

Requirements and formal aspects for submitting works

As part of the submission process, authors are required to confirm their article meets all the following elements. Submissions that do not meet these guidelines will be returned to the author. In accordance with editorial policies, all submissions shall be received through this platform; manuscripts that are sent directly by e-mail will not be received.

Minimum structure of the work:

- WORD format (.doc or .docx), Arial Font, 12 points and 1.5 cm spacing.
- The maximum length is 25 pages letter size (215.9 x 279.4 mm), including tables, charts, references and appendices.
- Articles may be written in Spanish or English and should include an abstract in both languages. In all cases, including articles in Spanish, the stylistic quality of the final version is the responsibility of the author or authors.
- Abstract of up to 180 words, which should include 5 keywords maximum and the JEL (Journal of Economic Literature) classification, which can be downloaded from: <https://www.aeaweb.org/econlit/jelCodes.php?view=jel>
- The title, abstract and keywords in Spanish and English should be placed at the beginning of the article.
- An introduction should be included that clearly reflects the work's background, development and conclusions.
- Footnotes should appear on the corresponding page and should not be used for bibliographical references.
- Bibliographical references should follow APA rules. They should not be extended unnecessarily, and should be complete and on separate pages, in alphabetical order, and each author should appear chronologically from the earliest to the most recent. They should have all the information for the corresponding source, including the DOI (Digital Object Identifier), when available, and they should be inserted at the end of the article, before any appendix. Authors should ensure that names and years that appear in the text and those listed in the bibliography match exactly that is, all the works cited in the text should appear in the bibliographical references.
- The bibliographical references should follow APA rules (briefly mentioned following, for further information, visit www.apastyle.org):

- a) *Books*. Author (last name and initials). Year of publication (in brackets). Title of the book (in italics), edition (in brackets and only if important). Place of publication (:), Publisher. If there is no publisher, write [s.n.], from the Latin *sine nomine*, which means “without name”.

Example: Castel, R. (1997). *Las metamorfosis de la cuestión social. Una crónica del asalariado* (1st ed.). Buenos Aires: Paidós.

Books that have more than one author: Author(s) (last name and initials). Year of publication (in brackets). Title of the book (in italics). Edition (in brackets), place of publication (:), Publisher.

Example: De Mattos, C. and Ducci, M.E. (2005). *Santiago en la globalización: ¿una nueva ciudad?* (2nd ed.). Santiago: Lom.

Note that if the article or book is written by 5 authors or more, after the first author write *et al.*, from the Latin *et alia* (and others):

Example: Dellanegra, G. *et al.* (1983). *Los países del Atlántico Sur: geopolítica de la Cuenca de la Plata*. Buenos Aires: Pleamar.

- b) *Article in a print publication*: Last name, initials. Year of publication (in brackets). “Title of the article” (in quotation marks). Name of the publication (in italics), volume, issue (in brackets): pages on which the article appears.

Example: Oszlak, O. (2009). "El Estado transversal". *Encrucijadas UBA*, 8 (26): 2-4.

- c) Article published online: Last name, initials. Year of publication (in brackets). Title of the article (in quotation marks). Name of the publication (in italics). Volume, issue (in brackets). Retrieved from (followed by a colon): website.

Example: Gadner, H. (1983). "La teoría de las inteligencias múltiples." *Revista Española de Investigación en Educación*, 9 (2). Retrieved from: <http://urlinventada.es>

Any other source, such as a data base or online encyclopedia should include detailed data about the cited text: author (if any), if there is no author, write the title of the text, year (if any, in brackets; if there is no year, n/y), and the web address. Retrieved from: website

If the text has a DOI, please be sure to include it at the end of the reference. The DOI can be searched at: www.crossref.org

Example: Morey, C. C. *et al.* (2015). "The color-sharing bonus: Roles of perceptual organization and attentive processes in visual working memory." *Archives of Scientific Psychology*, 3: 18-29. <https://doi.org/10.1037/arc0000014>

- Illustrations, photographs, maps, diagrams and drawings must have their corresponding legends, titles, sequential numbering, and the source of information (when created by the author, this should be indicated) and all images should be free of rights. Images, illustrations or drawings should be in high resolution (300 dpi); tables and charts should be sent separately in the original file in which they were created (Excel, Power Point, etc.).
- Titles of tables and charts should be made in Word or Excel tables with a numeric sequence in Arabic numbers. The heading for the table or chart should be centered and in Times New Roman. Sources should be in font size 10, at the bottom. Tables must cite their source (author and year). The format should be the following: internal and simple borders (lines), without left and right borders on the titles of each column. Charts should have a thin border, and bars and lines should have grey tones. NOTE: the sources for tables or charts that are not created by the author should also be included in the bibliographical references.
- Long mathematical proofs and highly detailed and long tables should be placed in an appendix, or left out. Authors should make an effort to explain the result of mathematical proofs.
- Equations should be presented on separate and centered lines. They should be numbered and sequenced, and the number placed in the right margin in Arabic numbers, in brackets.
- Author information: general information about the author(s) should be included on the last page: full name, center or department and/or university, zip code of the institution, e-mail address, and a summary of their academic experience (no more than 250 words).
- Manuscripts should be accompanied by a signed letter including the privacy notice and the cession of rights to *The Anáhuac Journal*.



Copyright notice

© 2019, School of Business and Economics, Universidad Anáhuac. All rights reserved. The print publication implies the complete transference of copyrights to the School of Business and Economics, Universidad Anáhuac México. The journal reserves the right to partially or completely copy the work in other print or electronic media, acknowledging its authorship of the article.

Privacy statement

Personal data included in this journal will be used exclusively for the purposes stated and will not be provided to third parties or used for any other purpose.

About this publication system

This journal uses Open Journal Systems (<https://openjournalsystems.com>), an open access journal manager and a software developed, funded and distributed freely by the Public Knowledge Project subject to the GNU Public General License.

26 años

nos queda mucho por hacer



- 1993 Madrid
- 2008 Ciudad de México
- 2010 Londres
- 2011 Nueva York y Buenos Aires
- 2012 Bogotá
- 2014 Shanghái
- 2018 Nueva Delhi