

Análisis de la inclusión financiera en México mediante máquina de aprendizaje no supervisado

(Financial inclusion analysis in Mexico through unsupervised machine learning)

Emmanuel Rémilien * y Silvia Xochilt Almeraya-Quintero **

Recibido: 27/12/22

Aceptado: 22/06/23

RESUMEN

La inclusión financiera, considerada como factor de combate a la pobreza, se enfoca en que todos tengan acceso a los servicios financieros formales. Su medición es necesaria para analizar geográficamente los mecanismos que permiten lograr su objetivo. Existen varias propuestas de medición, este trabajo se enfoca en la demanda para analizar el uso de los productos financieros disponibles en el sistema financiero mexicano por parte de la población. Mediante máquina de aprendizaje no supervisado con los datos de la Encuesta Nacional de Inclusión financiera (ENIF) del 2021, se reducen las dimensiones de las variables para crear un índice por producto: ahorro, crédito y seguro; se aplica el algoritmo K-medias sobre los componentes para crear grupos. Los resultados indican que los productos de ahorro son los más difundidos en el país, sin embargo, a través del índice se logra diferenciar productos de ahorro que son simplemente medios de pagos o de transferencia de dinero.

Palabras clave: Índice; Ahorro; Crédito; Seguro.

ABSTRACT

As a poverty alleviation strategy, financial inclusion is focused on how the entire economics agents get access to formal financial services. Its measurement is necessary to analyze geographically the mechanism allowing it to reach its goal. Various m

asurement proposals exist, this study is focused on the demand factor to analyze the use of financial products available in the Mexican financial system by the population. Through unsupervised machine learning with data from the National Survey of Financial Inclusion 2021 (ENIF), dimensionality reduction is applied to create an index by-product: saving, credit, and insurance; moreover, the k-mean algorithm was used to create clusters. The results indicate that savings products are the most widespread in the country, however, through the index created it is possible to differentiate savings products that are simply means of payment or money transfer.

Keywords: Index; Saving; Credit; Insurance.

JEL Classification: O16, G21, C43.

* Estudiante de doctorado en el Posgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática-Desarrollo rural, Colegio de Postgraduados, emmaremilien@gmail.com

** Profesora Investigadora del programa de estudios para el desarrollo rural, Colegio de Postgraduados

INTRODUCCIÓN

La inclusión financiera (IF) gana recientemente importancia mundial como instrumento de combate a la pobreza. Se le considera como un proceso que asegura la facilidad de acceso, la disponibilidad y el uso del sistema financiero formal para todos los miembros de un país (Sarma, 2008). En los países del tercer mundo, la mayor parte de la población es excluida del sistema tradicional es decir que no cuentan con servicios financieros conocidos como formales. La industria de las microfinanzas hizo una revolución indicando que los más pobres pueden ser sujetos de crédito y más allá, se justifica que pueden ahorrar. De hecho, las microfinanzas es un paso hacia la IF en el sentido de que los excluidos empiezan a interactuar con instituciones formales.

En México, cada tres años, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) llevan a cabo la Encuesta de Nacional de Inclusión Financiera (ENIF) con el propósito de medir el uso, el acceso, la protección del consumidor y la educación financiera. La medición de la IF se realiza desde varias perspectivas. Algunas propuestas de medición son poco informativas o carecen de problemas. Por ejemplo, los índices creados a partir de datos reportados por los bancos tienen algunos problemas como la tenencia de varias cuentas por un solo individuo o una sola empresa (Beck *et al.*, 2009; Honohan, 2008) lo cual no implica la siguiente relación: mayor número de cuenta mayor IF (Ghosh y Chaudhury, 2022). Por lo consiguiente, las encuestas aplicadas a los hogares sobrepasan este problema (Beck *et al.*, 2009).

Algunos estudios hacen uso de encuesta para medir la IF (Balliester Reis, 2022; Ka, 2018). En México, los trabajos similares se basan en la ENIF para construir varios tipos de índices como índices de educación financiera (Mungaray *et al.*, 2021; García Mata *et al.*, 2021), índice de marginación financiera (González Núñez y Vargas Chanes, 2019) y índice de IF por productos: crédito y ahorro (Peña *et al.*, 2014). Estos últimos autores no consideraron los productos de ahorro. Este trabajo tiene como objetivo la construcción de un índice de IF en México utilizando la ENIF. La contribución de lo mismo se centra en la parte metodológica de construcción de índice. Uno de los principales límites del trabajo es la ausencia de distribución geográfica (por estado) de los índices por productos lo que se debe a la ENIF.

El documento tiene cuatro secciones. En la primera sección, se presenta la IF en un contexto

internacional y particular de México, la medición de la IF y su importancia, así como algunos hallazgos de la ENIF. En la segunda, se presenta la metodología, las variables tomadas de la ENIF 2021. Después, se analizan y se discuten los resultados. Finalmente, se concluye el trabajo con algunas pistas para futuros trabajos

I CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL DE LA INCLUSIÓN FINANCIERA

La literatura provee varias definiciones de la IF, Nguyen (2021) menciona que no hay consenso sobre una definición, pero se entiende como el acceso y uso de los servicios financieros de instituciones financieras formales de manera adecuada, sobre todo los más pobres. El sistema financiero mexicano (SFM) se compone de un conjunto de instituciones tanto públicas como privadas, hasta junio 2015 el país contaba con 4230 instituciones en el sistema (Andrade Hernández *et al.*, 2016). La banca múltiple y la banca de desarrollo son las principales responsables de distribuir el crédito y captar ahorro en el territorio mexicano. Cabe señalar que la banca de desarrollo opera a través de intermediarios financieros y se ha encontrado que es prioritaria su sostenibilidad sobre los tipos de servicios y la cantidad de clientes atendidos (De La Vega Mena *et al.*, 2016). Entonces, esta banca, para asegurar la recuperación de su cartera crediticia, atiende las regiones sin problemas de accesibilidad y con poco nivel de marginación (Almeraya-Quintero *et al.*, 2011). Esto hace que una mayor parte de la población sigue siendo excluida del sistema financiero formal.

Para enfrentar esta falla de mercado y de gobierno, los excluidos acuden a fuentes informales de financiamiento como son las tandas y las cajas de ahorro informales. Las personas que toman esta alternativa viven generalmente en zonas marginadas con alto nivel de pobreza y vulnerabilidad (Martínez-Carrasco Pleite *et al.*, 2016). Para combatir la marginación, el gobierno mexicano crea programas sociales que vinculan a la población marginada con los bancos donde los beneficiarios tienen acceso a cuentas bancarias para recibir apoyo económico.

Estos vínculos que se crean entre bancos y población son medios que permiten incluir financieramente a quienes no habían tenido relaciones con las instituciones financieras. Mientras que la ENIF cuenta con información sobre estos vínculos, los trabajos consultados al respecto en México no los analizan. La exclusión del sistema financiero o la falta de la IF se debe a factores asociados tanto a la demanda como a la oferta (Martínez *et al.*, 2013). La oferta se constituye de la infraestructura de las

instituciones financieras (sucursal, cajero automático) para que toda la población tenga acceso a los servicios bancarios (Espinosa Espíndola y Maceda Méndez, 2022) mientras que la demanda se enfoca en el uso de estos servicios.

Conforme al uso de estos servicios, los excluidos pueden ser agrupados en dos tipos: excluidos de manera voluntaria e involuntaria (Beck et al., 2009; Kebede et al., 2021). Según estos autores, la auto-exclusión o exclusión voluntaria se debe a conjunto de factores como la religión, la razón cultural, la falta de necesidad de servicios financieros o también porque se obtiene el acceso a estos mediante un amigo o familiar.

Según la CNBV (2021b), el 33% de los participantes de la ENIF menciona que sus ingresos son insuficientes para tener una cuenta bancaria y el 27% señaló que no tiene la necesidad de una cuenta. Además, la tabla uno muestra que la larga distancia es el quinto factor que determina porque los excluidos no tienen una cuenta. Entonces, se puede inferir que, aunque las instituciones financieras estuvieran presentes en todo el territorio nacional, esto no implica la tenencia de cuenta bancaria de toda la población. Dicho de otra manera, la disponibilidad de infraestructura financiera no implica el uso. Según CNBV (2021a) existen 541 municipios que no cuentan con sucursales, cajeros automáticos y corresponsales ni de la banca ni de las Entidades de Ahorro y Crédito Popular (EACP). Este número incrementa si se consideran por separado las instituciones y el tipo de infraestructura. Esta ausencia implica una larga distancia para poder contratar los servicios financieros, pero para los excluidos que benefician los programas del gobierno, la distancia no les impide usar los servicios dado que encuentran una forma de obtener el apoyo.

Con base a lo anterior, es importante establecer una medida que tenga en cuenta las variables de la IF para poder analizar las barreras, el nivel de acceso y uso de los servicios financieros. Esta medida permitiría la toma de decisiones, así como comparaciones entre estados, municipios y regiones del país. Dicha medida puede lograrse a través de un índice.

1.1 Índice de inclusión financiera: importancia y medición

1.1.1 Importancia de un índice de inclusión financiera

Un índice es un instrumento que se usa para medir y clasificar un conjunto de observaciones que pueden ser países, estados, individuos, entre otros. Sarma

(2008) construyó el primer índice de IF con variables como número de cuentas y sucursales para medir la penetración de los bancos, disponibilidad y el uso de los servicios financieros. En este índice México ocupó el 75º lugar. Cabe mencionar que los datos utilizados por Sarma son del 2004 y México ha hecho varias reformas en su sistema financiero siendo el último en el año 2013.

Los indicadores usados por Sarma (2008) fueron retomados por varios estudios a nivel nacional con el objetivo de construir un índice de IF para México. Zulaica Piñeyro (2013) construyó un índice con los datos de varias instituciones del país. Este autor hace uso de una mayor cantidad de variables que Sarma (2008) en la construcción de su índice. Por un lado, para medir el acceso, el autor toma en cuenta algunos aspectos como el número de cajeros automáticos (ATM), cantidad de sucursales, la presencia de intermediarios financieros como cooperativas, instituciones de microfinanzas (IMF) entre otros factores. Por otro lado, para medir el uso, se consideran las variables de proporción y cantidad de cuentas de ahorro y de crédito en los bancos, cooperativas e IMF. Su índice ha permitido encontrar que quienes se benefician de los servicios financieros en México son los que cuentan con mayor nivel de ingreso y educación (Zulaica Piñeyro, 2013), dejando fuera a los más vulnerables.

Citibanamex, por su parte, construye anualmente un índice de IF con datos de la CNBV donde se consideran, los canales de acceso a los servicios financieros es decir la infraestructura como sucursales, corresponsales, cajeros, entre otros, por un lado. Por otro lado, el índice toma en cuenta el uso de los servicios financieros: cuentas totales, cuentas de ahorro totales, tarjetas de débito y de crédito, créditos totales, transacciones en cajeros automáticos (Citibanamex, 2021). Otros autores agregan el componente de barreras. Por ejemplo, Cámara y Tuesta (2014) usaron tanto los factores de la oferta como de la demanda para construir un índice de IF teniendo en cuenta el uso, el acceso y las barreras. El acceso es el factor más importante para explicar el grado de IF, sin embargo, un mayor acceso no implica necesariamente un mayor nivel de IF (Cámara y Tuesta, 2014).

1.2 Construcción de un índice y problemas de medición

En México, las entidades financieras reportan sus datos a la CNBV, de ahí se puede obtener cuantos cajeros automáticos, sucursales de banco entre otros, existen en el país y donde se ubican. Estos datos son

considerados para construir un índice de IF en muchos trabajos. Con estos datos, se usa el análisis de componentes principales (ACP) bajo el supuesto de que el primer componente que acumula la mayor parte de la varianza es el índice. El objetivo del ACP es saber si se pueden usar menos de p componentes para resumir la varianza en las p variables originales (Denis, 2021). Entonces, se puede obtener tantos componentes como variables. Generalmente, se considera el primer componente como el índice porque acumula por sí solo la mayor parte de la varianza. Varios trabajos existen en este sentido (Cámara y Tuesta, 2014, Citibanamex, 2021; Zulaica Piñeyro, 2013)

Los mismos datos considerados para el índice de IF en México con ACP fueron sometidos a otra técnica de construcción de IF. Dircio-Palacios-Macedo *et al.* (2023) con el método de la media geométrica extrayendo los pesos según el principio beneficio de la duda (BoD). Usando los datos del Consejo Nacional para la Inclusión Financiera (CONAIF), el índice creado permite identificar la dimensión y subdimensiones en

las que un municipio se encuentra rezagado en términos de IF.

En estos trabajos, los datos considerados (usos y accesos) permiten explorar la IF, pero surgen algunos problemas. La correlación entre las variables que miden el acceso (sucursal de bancos, ATM) y el uso (cantidad de cuenta) es positiva es decir a mayor sucursal, mayor cantidad de cuentas. Teniendo en cuenta la variable sucursal, la presencia de los intermediarios financieros en todo el territorio no implica que todos los agentes económicos tengan acceso a los servicios financieros por los problemas de asimetría de información. Además, el aumento de las cantidades de cuentas no significa que los excluidos del sistema tengan acceso. Varias personas pueden tener varios tipos de cuentas (Beck et al., 2009; Honohan, 2008; Zulaica Piñeyro, 2013) y eso en varios bancos para aprovechar los servicios. La siguiente tabla permite apreciar la existencia varias cuentas por un solo participante a partir de la ENIF (2018), por ejemplo, hay 241 personas tuvieron 2 cuentas de ahorro.

Tabla 1: Distribución de la cantidad de cuenta por tipo de cuenta o tarjeta

Cantidad de cuenta	Ahorro	Recibir apoyo del gobierno	Cheque	Tarjeta de crédito	Nomina (sueldo)	Pensión
1	2046	1162	175	1025	3054	592
2	241	30	17	216	168	14
3	36		2	40	12	1
4	8		1	22	3	1

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIF 2018.

La consideración de la cantidad de cuenta en la construcción del índice trae otro problema como la proporción de cuentas inactivas (Honohan, 2008). Además, el aumento de la cantidad de cuentas puede ser asociado a las nuevas aperturas por parte un agente con edad mayor perteneciente a una familia ya incluida financieramente. Otros elementos son la migración interna y externa, tanto la llegada de extranjeros que abren una cuenta bancaria en México como la migración definitiva de mexicanos al extranjero provocan aumentos y cuentas inactivas en el sistema financiero. De hecho, un alto volumen de transacción no implica que un mayor número de individuos están usando los servicios financieros (Ghosh y Chaudhury, 2022), lo que privilegia las medidas de la demanda como elementos más importantes de la IF. De hecho, Beck et al. (2009) mencionan que los mejores datos para medir el sistema financiero deben provenir de censo o encuesta de los usuarios.

Varios trabajos usan datos de encuestas para construir un índice de IF. Ka (2018), usando los datos de Global Findex, construyó un índice para algunos países de África con variables donde cuatro miden la existencia de relación con instituciones financieras, específicamente se consideran los tipos de cuenta y otras tres miden el acceso a servicios financieros vía celular. Balliester Reis (2022) va en el mismo sentido agregando más variables al análisis. Esta nueva medida permite hacer análisis más precisos de la IF con otros factores (Balliester Reis, 2022). Siguiendo a estos dos autores, este trabajo tiene objetivo de medir el nivel de IF de los hogares en México mediante la construcción de un índice a partir de los datos de la ENIF. Sin embargo, es necesario revisar lo que se ha realizado con la ENIF.

1.3 Hallazgos de la ENIF

Existen varios estudios que han utilizado la ENIF para distintos propósitos. Por ejemplo, Gaxiola Laso *et al.*

(2020) encontraron que el ingreso, el nivel de educación y la tenencia de remesas aumentan la probabilidad de ser incluido financieramente mientras que vivir en una zona rural lo disminuye. Profundizando este hallazgo, Vázquez (2015) comparó el acceso al crédito y ahorro entre zonas rurales y urbanas; encontró que hay una probabilidad de 4% mayor de tener una cuenta de ahorro y 8% de crédito a favor de la población urbana. Sin embargo, el SFM no solamente cuenta estos dos productos y se necesitan parámetros y estrategias de medición que permiten evaluar el grado de exclusión/inclusión de las unidades económicas, las localidades rurales, los municipios y estados.

Mungaray *et al.* (2021) construyeron un índice de educación financiera y encontraron una correlación positiva entre este índice y el ingreso es decir a mayor nivel de educación financiera, mayor ingreso. En el mismo sentido, García Mata *et al.* (2021) crearon un índice para cada componente de la educación financiera. Los índices de comportamiento, conocimiento y actitud han permitido llegar a la conclusión que la educación es el factor que más influye en el alfabetismo financiero.

González Núñez y Vargas Chanes (2019) crearon un índice de marginación financiera mediante un análisis factorial confirmatorio con los datos de la ENIF 2012. Este índice se compone de los elementos que forman parte de la demanda en los estudios sobre la IF es decir ahorro formal, el crédito formal, los seguros y el uso de canales financieros. Sin embargo, los autores incluyen a las fuentes informales, lo que no coincide con la definición de la IF dado que esta última se enfoca únicamente en lo formal. Estos autores llegaron a la conclusión de que las personas con

menores ingresos, menor nivel de educación formal y financiera, que viven en localidades menores a quince mil habitantes, que reciben remesas y que son de sexo femenino, tienen mayor probabilidad ser marginada financieramente.

Peña *et al.* (2014) usaron la ENIF 2012 para crear varios índices (crédito, ahorro) y estimar los factores que influyen en la IF. No obstante, al usar únicamente los productos de crédito y ahorro se pierde cierta información que el producto financiero de seguros puede proveer. En este trabajo, aunque se hace uso de la misma base de datos, no se pretende analizar los determinantes de la IF, sino la construcción de un índice que permite analizar a profundidad el uso de todos los servicios financieros disponibles en el SFM.

II METODOLOGÍA

II.1 Datos

Las variables consideradas en este estudio miden únicamente el uso de los servicios financieros de una institución formal en México. Los datos provienen de la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera 2021. La ENIF se aplica preguntando a la población mexicana si usan o no los servicios financieros que provee el sistema financiero del país. Entonces, se obtienen variables de tipo binaria o categórica y el uso del ACP no es conveniente para analizarlas. Una limitante del ACP es que sirve únicamente para datos cuantitativos. El análisis de correspondencia múltiple (ACM) y el análisis de componentes principales categórico (ACPC) son dos alternativas al ACP. Para la elaboración del índice se seleccionaron las variables en función de los productos disponibles en el sistema financiero mexicano.

Tabla 2: Variables utilizadas para medir el acceso y uso de los servicios financieros

<i>Descripción</i>	<i>Nombre de la variable</i>	<i>Si (%)</i>
<i>Posesión de cuenta de ahorro</i>		
<i>Tener una cuenta para recibir apoyo del gobierno</i>	C_apo_gob	9.81
<i>Tener cuenta o tarjeta de pensión</i>	Ahorro_pensio	7.00
<i>Tener una cuenta o tarjeta de nómina (depósito de sueldo)</i>	Ahorro_nom	27.29
<i>Tener una cuenta de ahorro</i>	C_Ahorro	17.83
<i>Tener una cuenta de cheques`</i>	C_Cheque	2.07
<i>Tener inversión (acción en casa de bolsa)</i>	C_inversion	1.20
<i>Tener otro tipo de cuenta</i>	Cuenta_otro	0.04
<i>Tener depósito a plazo fijo</i>	Dep_plazo_F	1.25
<i>Tener cuenta contratada por Internet (Mercado Pago/Albo)</i>	C_internet	2.48

<i>Descripción</i>	<i>Nombre de la variable</i>	<i>Si (%)</i>
Crédito		
Tener crédito nómina	Credit_Nom	2.4
Tener crédito personal	Credit_person	3.99
Tener crédito de grupo solidario	Credit_grp	2.22
Tener crédito vivienda	Credit_casa	6.93
Tener crédito automotriz	Credit_auto	1.81
Tener otro tipo de crédito	Credit_otro	0.18
Tener crédito departamental	Credit_dep	20.19
Tener tarjeta de crédito bancaria	Tarjeta_cred	10.64
Tener crédito contratado por Internet (Prestadero/Doopla/Playbusiness)	Cred_intern	0.43
Seguro		
Tener otro tipo de seguro	Seg_otro	0.13
Tener seguro de educación	Seg_edu	0.69
Tener seguro para la casa	Seg_Casa	2.19
Tener cuenta de ahorro para el retiro	Seg_Afore	39.6
Tener seguro para accidente	Seg_acc	2.65
Tener seguro para automóvil	Seg_auto	10.03
Tener seguro medico	Seg_med	6.09
Tener seguro de vida	Seg_vida	14.08
Tener seguro del gobierno (Prospera, Madres jefas de familia)	Seg_gob	0.35
Tener plan privado de retiro (no Afore)	Seg_retiro	1.01

Fuente: Elaboración propia con datos del ENIF (2021)

II.2 Método y técnica

Se usó el aprendizaje de maquina no supervisado UML por su sigla inglés (Unsupervised Machine Learning) en este trabajo ya que el ACP forma parte de ello. El UML forma parte de la inteligencia artificial (IA) lo cual se define como la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano (Rouhiainen, 2018). La AI se divide en aprendizaje supervisado, no supervisado y de refuerzo (Kalita, 2023). Por su parte, el UML tiene la tarea de reducir mucha información, realizar agrupamiento y detectar relaciones.

El ACP es uno de los algoritmos que permite reducir mucha información y uno de los supuestos de los métodos de reducción de dimensiones es la correlación entre las variables. Varios trabajos han considerado este punto y crean un índice de IF mediante el ACP en varios pasos (Kebede *et al.*, 2021; Mhlanga y Dunga, 2020; Nguyen, 2021), donde cada

paso es un índice que considera únicamente variables relacionadas. Por ejemplo, Nguyen (2021) realizó tres ACP sobre variables de penetración (cantidad de cuenta de depósito, cuenta móvil), disponibilidad (cajeros, sucursales) y uso (depósito, préstamo) y sobre los tres componentes obtenidos se aplica el ACP para obtener el índice final.

En este estudio, se adapta el método de creación del índice por etapa (Kebede *et al.*, 2021; Nguyen, 2021) dado que la relación entre un producto financiero con otro no es clara, es decir el hecho de tener un producto de ahorro no depende de tener un producto de seguro. A esto, se ha encontrado que la tenencia de una cuenta de ahorro da una probabilidad de 15% de obtener un crédito (Vázquez, 2015). Entonces, se crea un índice para cada producto y el UML permite reducir la cantidad de variables (Kebede *et al.*, 2021; Dungey *et al.*, 2018) y agrupar las observaciones (Dungey *et al.*, 2018).

Dado que los datos seleccionados son

dicotómicos (tener y no tener un producto financiero), la reducción de dimensión del conjunto de variables se basa en otros algoritmos que el ACP; en este caso el Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) y el Análisis de Componente Principal Categórico (ACPC). Ambos algoritmos tienen el mismo propósito, pasar de m variables originales a p variables transformadas de tal manera que la primera variable p acumula la mayor parte de la varianza que existe en todas las variables tomadas de manera conjunta. Aunque el ACM y el ACPC pretenden llegar a lo mismo, existen algunas diferencias entre ellos (Atkinson, 2023).

El ACPC funciona como el ACP donde se aplica una transformación no lineal llamado escalamiento óptimo a la matriz de datos originales de n observaciones por m variables (Kemalbay y Korkmazoğlu, 2014) creando una nueva matriz Q . En Q , las categorías originales son reemplazados por el escalamiento óptimo de tal manera que se toma en cuenta la mayor parte de las varianzas (Linting, 2007). Dado que Q es una matriz de datos numéricos, se puede aplicar el ACP, sin embargo, el ACPC realiza el escalamiento óptimo y el ACP simultáneamente.

El ACM es el equivalente del ACP cuando las variables son de naturaleza categórica. Para cada variable se define un conjunto de nuevas variables denominadas indicativas (0/1) lo que genera la matriz disyuntiva (MD). Con la multiplicación de la MD por su transpuesta se obtiene una matriz cuadrada y simétrica o matriz de Burt. Esta última es utilizada como insumo para algunas operaciones permitiendo obtener las nuevas dimensiones (Di Franco, 2016).

Los índices se construyeron basando en Tidjani (2020) y Balliester Reis (2022) con los eigenvalores, las coordenadas estándares, la cantidad de variable y la matriz inicial de datos mediante la

siguiente fórmula:

$$IF_{ai} = \left(\sum \frac{Z_{ci} * M_{iv}}{\sqrt{\theta_v}} \right) * -1 \quad (1)$$

La ecuación 1 captura el índice de inclusión financiera del producto a para el individuo i donde Z_{ci} representa el score c del individuo i obtenido del ACM para cada componente y M_{iv} es la matriz inicial de datos. En el denominador a representa la cantidad de variable y θ los eigenvalores. El valor final es multiplicado por uno para facilitar la interpretación.

El análisis de conglomerado K-medias es un método que permite agrupar observaciones que basa en la distancia existente entre ellas para un conjunto de variables. El propósito de este algoritmo es agrupar los elementos de entrada en K regiones de tal manera que los puntos de cada región son similares al máximo y disimilares de los puntos de otros grupos (Kalita, 2023). Se debe definir K desde el principio (Dungey et al., 2018). En este trabajo, se definen dos grupos para ser congruente con la dicotomía de la IF: incluido y excluido. Todos los análisis fueron realizados utilizando el lenguaje de programación R.

III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1 Resultados obtenidos con el Aprendizaje no Supervisado

Para una mejor interpretación de los datos, se implementaron ambos análisis de reducción de dimensiones: ACM y ACPC. Este último permite apreciar la contribución de cada variable a los componentes respectivos. Las variables son agrupadas dependiendo del grado de asociación. En la tabla 3, se presenta el resultado del ACPC, los cuadros vacíos corresponden a valores muy pequeños e insignificantes para el componente indicado.

Tabla 3: Peso de los componentes por tipo de producto (ACPC)

Seguro	C1	C2	Crédito	C1	C2	Ahorro	C1	C2
Seg_vida	0.667		Cred_dep	-0.598	-0.186	C_Cheque	-0.59	-0.216
Seg_med	0.704		Tarjeta_cred	-0.703	-0.111	Dep_plazo_F	-0.556	-0.201
Seg_auto	0.583	-0.142	Cred_intern	-0.137	0.650	C_inversion	-0.625	-0.233
Seg_acc	0.619		Credito_otro		0.701	C_internet	-0.548	
Seg_casa	0.500		Cred_nom	-0.407	0.136	Ahorro_nom	-0.359	0.532
Seg_gob		0.753	Cred_person	-0.372	-0.113	Ahorro_pensio	0.134	-0.617
Seg_otro		0.534	Cred_auto	-0.495		C_apo_gob	0.21	-0.633
Seg_edu	0.363	0.363	Cred_casa	-0.437	0.131	C_Ahorro	-0.473	
Seg_retiro	0.489		Cred_grupal		-0.198	C_otro		
Seg_Afore	0.392	-0.218						

Eigenvalores	2.44	1.06	1.61	1.05	1.76	1.21
Varianza	24.42	10.59	17.94	11.68	19.59	13.44

Fuente: Elaboración propia con el software R

Para el índice de seguro, los resultados indican que dos productos no tienen una contribución significativa para el componente 1. Esto se repite para el índice de crédito con los créditos contratados por internet y los otros tipos de crédito. En el caso de ahorro, tres productos se encuentran con mayor peso en el componente 2. De hecho, algunas de estas variables, presentadas en la tabla 3, tienen porcentajes bajos lo cual significa que no son tan frecuente en la población mexicana. Sin embargo, los productos de ahorro presentan lo contrario, es decir los tres tipos de cuentas (nómina para recibir sueldo, para recibir apoyo del gobierno y ahorro para pensión) tienen un porcentaje elevado que los otros.

El ACPC permite analizar la contribución de las variables a los componentes. La ecuación 1 se usa los componentes o dimensiones obtenidos del ACM. Para construir el índice, se debe ocupar un componente que acumula una proporción significativa de varianza de todas las variables. El primer componente tiene la mayor proporción, pero en ocasiones la varianza explicada es muy pequeña. Se establecen algunos criterios para seleccionar la cantidad de componente (regla del codo, 80% de varianza), en este trabajo se adopta la perspectiva de Tidjani (2020) donde se puede retener una cantidad considerable de ejes. De hecho, el índice creado no cambia con el uso de todos los ejes salvo si se usan los primeros cinco dimensiones.

Tabla 4: Resultado del ACM por productos

Dimensión	Ahorro			Seguro			Crédito		
	Valor	%	cum%	Valor	%	cum%	Valor	%	cum%
1	0.0384	31.6	31.6	0.0597	47.7	47.7	0.0322	27.4	27.4
2	0.0181	14.9	46.6	0.0112	9	56.6	0.0136	11.6	39
3	0.0125	10.3	56.8	0.0098	7.8	64.4	0.0127	10.8	49.8
4	0.0107	8.8	65.7	0.0097	7.7	72.2	0.0121	10.3	60.1
5	0.0098	8.1	73.8	0.0076	6	78.2	0.0114	9.7	69.8
6	0.0095	7.9	81.6	0.0074	5.9	84.1	0.0110	9.3	79.1
7	0.0088	7.3	88.9	0.0065	5.2	89.3	0.0097	8.2	87.3
8	0.0071	5.8	94.8	0.0058	4.6	93.9	0.0089	7.6	94.9
9	0.0063	5.2	100	0.0042	3.4	97.3	0.0059	5.1	100
10				0.00	2.7	100			
Total:	0.12	100		0.13	100		0.12	100	

Fuente: Elaboración propia con el software R.

Los elementos de la tabla 4 permite la construcción final de los índices mediante la ecuación 1. Cada participante en la ENIF 2021 tuvo un puntaje en los índices dependiendo del producto a su posesión. Estos valores varían entre positivos y negativos (tabla 5). La ecuación 1 penaliza a las variables por su contribución lo que implica que la tenencia de una cuenta no es automáticamente la inclusión financiera. Por ejemplo, el índice de ahorro asigna valores negativos a los que poseen únicamente una cuenta para recibir apoyos del gobierno. Es importante resaltar que el puntaje para los individuos que tienen únicamente una cuenta o tarjeta de pensión es de 0.21,

esto a pesar de que el ACPC muestra un peso alto para el componente 2. Entonces, la máquina de aprendizaje permite detectar los productos financieros que tienen más peso en la inclusión financiera. A diferencia de los otros dos productos que contribuyen al componente 2, es decir cuenta nómina para recibir sueldo y cuenta para recibir apoyo del gobierno, la tenencia de una cuenta o tarjeta de pensión forma parte de la voluntad de los individuos. De hecho, a partir de la ENIF 2021, las tres razones principales para adquirir una cuenta de los productos de ahorro son: recibir el sueldo, gusto de ahorrar y recibir apoyo gubernamental (CNBV, 2022).

Se utilizan las coordenadas para calcular los índices también para realizar otra técnica de máquina de aprendizaje: agrupamiento. Este último fue aplicado a las primeras coordenadas que acumulan 80% de la inercia total (tabla 4). Por lo tanto, se utilizaron 6

dimensiones para ahorro y seguro mientras para crédito fueron 7. Se definen dos grupos, incluidos y excluidos, la tabla 5 indica la cantidad de persona que forma parte de cada grupo.

Tabla 5: Resultado del agrupamiento y estadísticas descriptivas de los índices

<i>Índice de Ahorro</i>		<i>Índice de Crédito</i>		<i>Índice de Seguro</i>	
Excluido	Incluido	Excluido	Incluido	Excluido	Incluido
4580	8974	8993	4561	7162	6392
Min	-1.1923	-1.6759		-17.2036	
Max	2.1977	2.1041		25.1175	
Media	0.0660	0.0161		0.0381	
Desv. Est.	0.1555	0.1144		2.0213	

Fuente: Elaboración propia con el software R.

El análisis de agrupamiento no discrimina a los individuos por el tipo de cuenta que poseen dicho de otra manera todos los participantes de la ENIF que tienen mínimo una cuenta bancaria fueron considerados como incluidos. Entonces, la tabla 5 permite ver que los productos de ahorro son los más difundidos en la población mexicana comparando con los otros dos. Este hallazgo es consistente con Vázquez (2015) que utiliza los datos de la ENIF (2012), la información no cambia después de nueve años, el ahorro sigue siendo el producto más utilizado. El hecho de que la población cuenta más con productos de ahorro se debe a un conjunto de factores como las iniciativas de las empresas, los programas sociales del gobierno mexicano y sobre todo los requisitos de

apertura de una cuenta de este tipo. En este sentido, los intermediarios financieros tienen un papel importante porque permite a la población de abrir cuentas de ahorro y ellos se encargan de distribuir estos ahorros en créditos.

Con el motivo de analizar a profundidad los agrupamientos y compararlos con trabajos previos, se realizan algunos análisis. En la tabla 6, se analizan los agrupamientos por las seis regiones del país y en la tabla 7 por tamaño de localidad. Se presenta también la prueba de chi-cuadrada para analizar si existe una dependencia entre los productos financieros y la región, así como el tamaño de localidad.

Tabla 6: Distribución de los clústeres por regiones

<i>Regiones</i>	<i>Ahorro</i>		<i>Crédito</i>		<i>Seguro</i>	
	Excluido	Incluido	Excluido	Incluido	Excluido	Incluido
<i>C-S-O</i>	684	1845	1812	717	1617	912
<i>Ciudad de México</i>	362	574	672	264	406	530
<i>Noroeste</i>	935	1570	1478	1027	1105	1400
<i>Noreste</i>	814	1656	1586	884	1196	1274
<i>Occidente y Bajío</i>	892	1686	1662	916	1323	1255
<i>Sur</i>	893	1643	1783	753	1515	1021
<i>Prueba</i>	<i>X-squared =79.20</i> <i>P-value=0.0000</i>		<i>X-squared = 131.75</i> <i>P-value=0.0000</i>		<i>X-squared = 305.43</i> <i>P-value=0.0000</i>	

Fuente: Elaboración propia con el software R. C-S-O se refiere a Centro Sur y Oriente

La cantidad de incluidos por medio de crédito no logra sobrepasar la cantidad de excluidos. Una información sorprendente es la distribución de los

productos de seguro por regiones donde los incluidos son mayor que los excluidos. Esto es válido en tres regiones del país donde existe alto grado de IF. Por

ejemplo, Zulaica Piñeyro (2013) encontró que los municipios que tienen un nivel alto de IF son los que están en las regiones Centro, Noreste y Noroeste. El presente estudio, además de encontrar lo mismo, permite explorar que el tipo de producto que impulsa IF en estos municipios es el ahorro. La base de datos del ENIF no permite hacer el análisis por municipios para hacer una comparación exacta con los otros estudios.

Es importante destacar que la mayor parte de crédito que se distribuye en todo el país se concentra

en créditos departamentales, tarjetas de crédito y de vivienda. No obstante, el hecho de que se obtiene estos tres tipos de crédito con mayor frecuencia significa que los créditos obtenidos no fueron necesariamente dedicados a la financiación de actividades productivas lo que coincide con Díaz *et al.* (2018) quienes encontraron que la mayoría de las solicitudes de crédito que realizan las familias mexicanas es para el consumo o atención de necesidades básicas. De esto, surge la necesidad de brindar más educación financiera a los clientes.

Tabla 7: Distribución del puntaje de los índices por tamaño de localidad

Tamaño de localidad (habitantes)	Ahorro		Crédito		Seguro	
	Excluido	Incluido	Excluido	Incluido	Excluido	Incluido
100,000 y más	2430	4154	3969	2615	2698	3886
15,000 a 99,999	657	1323	1242	739	1014	967
2,500 a 14,999	573	1268	1329	512	1199	642
Menor de 2500	920	2228	2453	695	2251	89
<i>Prueba</i>	<i>X-squared=64.12</i> <i>P-value = 0.0000</i>		<i>X-squared= 337.35</i> <i>P-value=0.000</i>		<i>X-squared=925.62</i> <i>P-value=0.000</i>	

Fuente: Elaboración propia con el software R.

Las comunidades rurales con menos de 2500 habitantes llegan a tener únicamente inclusión alta en los productos de ahorro esto debido a los programas del gobierno que atienden al campo. En todos los tipos de localidad, los incluidos por medio de ahorros sobrepasan los excluidos. Esto quiere decir que los productos de ahorro son los que más promueven la IF en el territorio mexicano. Este hallazgo corrobora los resultados de Díaz *et al* (2018) quienes, usando la base de datos de Findex, encontraron que la mayor penetración de los servicios financieros es través del ahorro. Además, la tabla 7 indica los productos de crédito no tienen mucho impacto en la IF que los de ahorro. En la tabla 6, se encontró que el seguro es mejor en tres regiones, pero la tabla 7 permite apreciar que existen más productos de seguro distribuidos en las grandes ciudades. Zulaica Piñeyro (2013) encontró que la población adulta se concentra más en municipios con alto nivel de IF. Este trabajo analiza más a fondo este hallazgo dado que permite identificar los productos favorece la IF.

III.2 Discusión de los resultados

El resultado de la reducción de dimensión indica que las cuentas nómina para recibir sueldo y para recibir apoyo del gobierno se encuentran en una dimensión específica. Estos dos productos son mecanismo financiero para pagar o transferir dinero mediante una

cuenta bancaria lo cual no implica necesariamente la voluntad del usuario. Además, esto permite apreciar el papel de las empresas y el gobierno en favorecer el vínculo de la población mexicana con las instituciones financieras formales. Por ejemplo, varios estudios muestran evidencia de que el programa Prospera impacta la IF de los mexicanos (Cernichiaro Reyna, 2020; Mariscal y Rojas-Lozano, 2020; Masino y Niño-Zarazúa, 2020). A pesar de esto, varios municipios y localidades siguen en la marginación y no cumplen con los factores descritos en Urbina Romero (2021) para tener la presencia de un intermediario financiero formal. Los programas del gobierno implican el uso de una cuenta bancaria a pesar de la lejanía de una sucursal de una institución financiera.

El programa Prospera, que hacía vínculo de la población con Bansefi, contaba con alrededor de 7 millones de cuentas bancarias (Mariscal y Rojas-Lozano, 2020). Aunque varios estudios consideran este vínculo como IF, en realidad es simple una forma de bancarización. La IF no es únicamente tener una cuenta de ahorro o para recibir apoyo. El gobierno favorece el vínculo banco-población, sin embargo, esta creación de cuenta es forzada por el gobierno, no emana de la voluntad real de los beneficiarios. Esto en el futuro puede generar varias cuentas inactivas con la suspensión de los programas.

Recientemente, el banco Bansefi, Banco del Bienestar, surge con la visión de ser la banca social que promueve el acceso universal a servicios financieros mediante una mayor cercanía territorial en las regiones del país (Banco del Bienestar, sf). Además, parte de su misión es garantizar el acceso a los apoyos, pensiones y becas constitucionales. Sin embargo, no se encuentra un componente de educación financiera para los beneficiarios de los programas del gobierno. Este tipo de educación es de suma importancia para los que reciben dinero tanto del gobierno como de las remesas.

Al comparar los servicios de ahorro con el de crédito, se constata una baja proporción para los servicios de crédito. Esto se debe a que los créditos son menos fáciles de obtener por los requisitos que piden y sus costos. Lo anterior es una de las razones para algunos mexicanos de quedarse sin servicios financieros formales (Hoyo Martínez *et al.*, 2013). La banca de desarrollo en su misión de distribuir crédito a bajos costos es una alternativa para poder incluir estos excluidos voluntarios. Sin embargo, se ha encontrado que la distribución de sus créditos toma en cuenta únicamente los privilegiados o los que ya pueden tener una cuenta bancaria (Almeraya Quintero *et al.*, 2011, De La Vega Mena *et al.*, 2014). Entonces, existen dos tipos de fallas para los excluidos. Por un lado, el gobierno no llega a proveer productos financieros a bajo costo a través de la banca de desarrollo y, por otro lado, las instituciones financieras enfrentan problemas de asimetría de información lo que lleva al racionamiento de crédito.

Antes estas fallas, algunas ONG desarrollan otros mecanismos de financiamiento como las cajas de ahorro para atender a los excluidos (Martínez-Carrasco Pleite *et al.*, 2016), pero los integrantes de estos esquemas financieros siguen siendo excluidos del sistema financiero formal porque no funcionan bajo ninguna figura que tiene el sistema financiero mexicano. Generalmente, los que residen en localidades rurales son los que más recurren a servicios financieros informales. Ampliar la infraestructura financiera a las zonas de marginación alta no es suficiente para atender a la población excluida (Ghosh & Chaudhury, 2022), se necesita educación financiar y diseño de productos financieros adaptados a la realidad de cada localidad. Los hallazgos indican que donde hay infraestructura financiera, lo que ocurre más es la captación de ahorro. Por ende, hace falta incrementar los otros productos (crédito, seguro) que son sumamente importantes para el bien estar y distribuirlos en lugares marginados.

Es importante destacar que la mayor parte de

crédito que se distribuye en todo el país se concentra en créditos departamentales y de vivienda. Entonces, los intermediarios financieros no bancarios (IFNB) juegan un papel importante en la IF de igual manera que el INFONAVIT. No obstante, el hecho de que se obtiene estos dos tipos de crédito con mayor frecuencia significa que los créditos obtenidos no fueron dedicados a la financiación de actividades productivas lo que coincide con Díaz et al. (2018) quienes encontraron que la mayoría de las solicitudes de crédito que realizan las familias mexicanas es para el consumo o atención de necesidades básicas.

IV CONCLUSIONES

La inclusión financiera (IF) se ha vuelto una palabra de moda en las últimas dos décadas. Este término se refiere al uso, acceso y disponibilidad de servicios financieros del sistema financiero formal, para todos los agentes económicos de un país. Existen varias propuestas de su medición a través de índices. La mayoría de estos índices son poco informativos para poder decidir qué tipo de producto financiero se debe mejorar, para que la población pueda acceder al menos a uno de ellos. En esta investigación, se adopta el enfoque de la demanda para crear un índice de IF para México. La base de datos de la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (ENIF) del 2021, provee la información necesaria para crear el índice.

Varias técnicas de estadísticas multivariadas como el análisis de correspondencia múltiple (ACM), el análisis de componentes principales categórico (ACPC) fueron utilizados analizar los datos. Ambas técnicas ACM y ACPC son alternativas al análisis de componentes principales, que es el más común para crear los índices. Se implementaron estas dos técnicas en R, se encontró que todas ellas arrojan resultados similares.

Los resultados indican que la IF se da con mayor frecuencia con los productos de ahorro. En otros términos, es más fácil para la población mexicana de ser incluida financieramente mediante un producto de ahorro que a través de crédito o seguro. Esto es posible para los que residen en zonas urbanas con más de cien mil habitantes. Sin embargo, la tenencia de una cuenta de ahorro es simplemente una forma de bancarización y no implica IF en todas sus facetas. En los programas del gobierno, la creación de este tipo de cuenta es forzada y no voluntaria. Futuras investigaciones pueden analizar si los beneficiarios de estos programas no hacen uso de otras fuentes para ahorrar. Además, se necesita distribuir más crédito a la población acompañándolo con educación financiera para facilitar el uso de este instrumento financiero de

manera correcta, si se busca el combate a la pobreza.

En complemento a otros trabajos que solo indican el nivel de inclusión de cada municipio o estados del país, el índice que se crea en este trabajo indica qué tipo de servicio financiero que promueve esa inclusión. Por lo que los intermediarios financieros y las entidades públicas pueden implementar programas de educación financiera y adaptar los requisitos para acceder a los productos de crédito y seguro. Este trabajo carece de información a nivel municipal, la base de datos de la ENIF solamente indica la región del levantamiento de la encuesta. Dicha información es

necesaria para analizar la relación entre la ubicación, la disponibilidad y el uso de los productos financieros.

Para que la IF pudiera ser instrumento de combate a la pobreza realmente, se necesita distribuir crédito para el financiamiento de las actividades productivas en vez de captar más ahorro. El hecho de ahorrar no significa que la población obtiene un beneficio ya que generalmente la tasa de interés pasiva es mucho más alta que la activa. Si la promoción de la IF que se promueve a nivel mundial es para obtener solamente una cuenta de ahorro, entonces los ahorradores tienen poco beneficio de ella.

REFERENCIAS

- Almeraya-Quintero, S. X., Figueroa-Sandoval, B., Díaz-Puente, J. M., & Figueroa Rodríguez, K. A. (2011). El crédito en el desarrollo territorial: el caso de financiera rural en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 8(2), 179-192.
- Andrade Hernández, J.M., Domínguez Rivas, M. V, Huerta Pineda, A. & Lugo Delgadillo, M. (2016). Análisis de la reforma financiera. Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República.
- Atkinson, W. (2023). Charting fields and spaces quantitatively: from multiple correspondence analysis to categorical principal components analysis. *Quality & Quantity*, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s11135-023-01669-w>.
- Banco del Bienestar (sf) ¿Qué hacemos? <https://www.gob.mx/bancodelbienestar/que-hacemos>.
- Balliester Reis, T. (2022). Socio-economic determinants of financial inclusion: An evaluation with a microdata multidimensional index. *Journal of International Development*, 34(3), 587-611.
- Beck, T., Demirgüç-Kunt, A., & Honohan, P. (2009). Access to financial services: Measurement, impact, and policies. *The World Bank Research Observer*, 24(1), 119-145.
- Cámara, N., & Tuesta, D. (2014). Measuring financial inclusion: A multidimensional index. *BBVA Research Paper*, No 14/26.
- Cernichiaro Reyna, C. (2020). Efectos de la inclusión financiera en la pobreza en México en el lapso 2000-2017. *Panorama económico*, 16(31), 31-46.
- Citibanamex. (2021). Índice Citibanamex de Inclusión Financiera, Entidades federativas y municipios. <https://www.banamex.com/sitios/analisis-financiero/pdf/Economia/IndicedeInclusionFinanciera2021111121.pdf>.
- CNBV (2021a). Reporte trimestral de inclusión financiera. Datos del 1er trimestre 2021.
- CNBV (2021b). El ahorro en México: productos, instrumentos y evolución. Ciudad de México.
- De La Vega Mena, M., Santoyo Cortés, V. H., Muñoz Rodríguez, M., & Altamirano Cárdenas, J. R. (2014). Cobertura financiera de la banca de desarrollo para el sector rural de México: FIRA y Financiera Rural. *Estudios sociales* 22(44), 226-248.
- Denis, D. J. (2021). Applied Univariate, Bivariate, and Multivariate Statistics: Understanding Statistics for Social and Natural Scientists, With Applications in SPSS and R. 2nd edition. John Wiley & Sons.
- Di Franco, G. (2016). Multiple correspondence analysis: one only or several techniques? *Quality & Quantity*, 50(3), 1299-1315.
- Díaz, H., Sosa, M., & Ortiz, E. (2018). Inclusión financiera y ahorro en México: un análisis logístico binario y de redes neuronales artificiales. *Estocástica: finanzas y riesgo*, 8(1), 53-84.
- Dircio-Palacios-Macedo, M. C., Cruz-García, P., Hernández-Trillo, F., & Tortosa-Ausina, E. (2023). Constructing a financial inclusion index for Mexican municipalities. *Finance Research Letters*, 52, 103368.

<https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103368>

- Dungey, M., DokoTchatoka, F. & Yanotti, M., B. (2018). Using multiple correspondence analysis for finance: A tool for assessing financial inclusion. *International Review of Financial Analysis* 59, 212-222.
- Espinosa Espíndola, M. T. & Maceda Méndez, A. (2022). Inclusión financiera en México y Covid-19: cambios en indicadores estatales. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento* 10(24), 1-19.
- García Mata, O., Zorrilla del Castillo, A. L., Briseño García, A., & Arango Herrera, E. (2021). Actitud financiera, comportamiento financiero y conocimiento financiero en México. *Cuadernos de Economía*, 40(83), 431-457.
- Gaxiola Laso, S. R., Mata Mata, L., & Valenzuela Reyes, P. R. (2020). Análisis de la inclusión financiera: oportunidades para el desarrollo del sector financiero mexicano. *Panorama económico*, 16(31), 215-232.
- Ghosh, C., & Chaudhury, R. H. (2022). Ranking of countries based on multi-dimensional financial inclusion index: A global perspective. *International Journal of Finance & Economics*. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2735>.
- González Núñez, J. C. & Vargas Chanes, D. (2019). Medición de la marginación financiera en México: un enfoque de clases latentes. *Economía: teoría y práctica*, 27(51), 135-163.
- Honohan, P. (2008). Cross-country variation in household access to financial services. *Journal of Banking & Finance*, 32(11), 2493-2500.
- Ka, B. (2018). Financial Inclusion in Senegal: A Catalyst for Emergence. In A. Mansoor, S. Issoufou & D. Sembene (Eds.), *Race to the Next Income Frontier: How Senegal and other Low-Income Countries can reach the finish line* (239-262). International Monetary Fund.
- Kalita, J. (2023). *Machine Learning: Theory and Practice*. CRC Press.
- Kebede, J., Naranpanawa, A., & Selvanathan, S. (2021). Financial inclusion: Measures and applications to Africa. *Economic Analysis and Policy*, 70, 365-379.
- Kemalbay, G., & Korkmazoğlu, Ö. B. (2014). Categorical principal component logistic regression: a case study for housing loan approval. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 109, 730-736.
- Linting, M., Meulman, J. J., Groenen, P. J., & van der Kooij, A. J. (2007). Nonlinear principal components analysis: introduction and application. *Psychological methods*, 12(3), 336.
- Mariscal, J. & Rojas-Lozano, D. (2020). A state-led model of financial inclusion through mobile services. *Information Technologies & International Development*, 16, 20-31.
- Martínez, C. H., Hidalgo, X. P., & Tuesta, D. (2013). Demand factors that influence financial inclusion in Mexico: analysis of the barriers based on the ENIF survey. *BBVA Bank, BBVA Research Working Paper*, 1-19.
- Martínez-Carrasco Pleite, F., Muñoz Soriano, A. M., Eid, M., & Colino Sueiras, J. (2016). Inclusión financiera en el ámbito rural mediante cajas de ahorro. Estudio de una experiencia en México. *Perfiles latinoamericanos*, 24(48), 185-211.
- Masino, S., & Niño-Zarazúa, M. (2020). Improving financial inclusion through the delivery of cash transfer programs: The case of Mexico's progres-a-oportunidades-prospera programme. *The Journal of Development Studies*, 56(1), 151-168.
- Mhlanga, D., & Dunga, S. H. (2020). Measuring financial inclusion and its determinants among the smallholder farmers in Zimbabwe: An empirical study. *Eurasian Journal of Business and Management*, 8(3), 266-281.
- Mungaray, A., Gonzalez, N., & Osorio, G. (2021). Educación financiera y su efecto en el ingreso en México. *Problemas del desarrollo*, 52(205), 55-78.
- Nguyen, T. T. H. (2021). Measuring financial inclusion: a composite FI index for the developing countries. *Journal of Economics and Development*, 23(1), 77-99.
- Peña, X., Hoyo, C., & Tuesta, D. (2014). Determinantes de la inclusión financiera en México a partir de la ENIF 2012. Documento de Trabajo No 14/14 BBVA Research.
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Alienta Editorial.

-
- Sarma, Mandira (2008): Index of Financial Inclusion, Working Paper, No. 215, Indian Council for Research on International Economic Relations (ICRIER), New Delhi.
- Tidjani, M. I. A. (2020). An exploratory analysis of financial inclusion in Chad. *The European Journal of Applied Economics*, 17(2), 34-53.
- Urbina Romero, R. (2021). Ubicación de los intermediarios financieros bancarios y no bancarios en zonas urbanas. *Estudios Económicos CNBV*, 4, 6-42.
- Vázquez, A. (2015). Determinantes para participar en el mercado formal de productos financieros: el caso del ahorro y del crédito en México. *Estudios Económicos CNBV*, 3, 79-115.
- Zulaica Piñeyro, C. M. (2013). Financial Inclusion Index: Proposal of a Multidimensional Measure for Mexico. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 8(2), 157-180.