



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA DE SISTEMAS - OPTIMIZACIÓN FINANCIERA**

**La Entropía como medida de la Incertidumbre Financiera en México.**

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

PEDRO DANTE ZECUA LECHUGA

TUTOR PRINCIPAL:

DR. ELIO MARTÍNEZ MIRANDA

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Jurado Asignado

Presidente: Dr. Bautista Godínez Tomás

Secretario: Gómez Gallardo Wulfrano

1er. Vocal: Martínez Miranda Elio Agustín

2do. Vocal: M en I: Ortíz Rubio Jorge

3er. Vocal: M en I: Malfavón Ruiz Yonahandy

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

**TUTOR DE TESIS:**

DR. ELIO AGUSTÍN MARTÍNEZ MIRANDA

---

**FIRMA**

## AGRADECIMIENTOS

Con mucho cariño a mi mamá, una gran maestra, amiga y consejera quien me ha guiado por el camino de las ciencias y las artes. Siempre me impulsaste a cultivar los buenos hábitos y a seguir mis sueños, pero con los pies en la tierra, y por ello este humilde trabajo pudo ser terminado. Gracias por esas pláticas interminables mamita, gracias.

A mi papá por impulsarme a lograr mis sueños, por apoyarme, incluso sin cuestionar. Siempre confiaste en mí y en este proyecto. Muchas gracias papá porque tu apoyo fue honesto y puro.

A mis maestros y sinodales, por su tiempo, por inspirarme con sus enseñanzas a ir *más allá*, todos fueron brillantes en sus respectivas áreas. En particular a la Mtra. Yonahandy por los detalles únicos que tuviste con tus alumnos, tu paciencia, confianza y amistad. Al Dr. Elio, por tu confianza, porque me hiciste ver mis errores más garrafales para mejorar y me impulsaste a continuar, aun cuando el tema era complicado. Al Dr. Tomás, por tu amistad por el entusiasmo que transmites al hablar y por enseñarme que nada se aprende mejor que lo que es descubierto y que mejor que, descubrir el conocimiento que llega desde el interior. Al Dr. Wulfrano por ilustrarme con tus ideas y contagiarme esa pasión por lo que haces, por tu confianza y amistad. Al Mtro. Jorge por la excepcional atención e interés que prestas a cada uno de tus alumnos.



# ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	III
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	VII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	VIII
HIPÓTESIS.....	X
1. CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE.....	1
1.1 Introducción .....	2
1.2 Teoría de la Incertidumbre.....	6
1.3 La metáfora de la información .....	7
1.4 Dicotomía de la Incertidumbre.....	9
1.5 La Incertidumbre en otras áreas .....	10
1.6 Formas de representar la Incertidumbre .....	11
1.7 Educación Financiera .....	15
1.8 Exclusión Financiera .....	19
1.9 Estado actual de la alfabetización financiera.....	21
1.10 Endeudamiento.....	30
1.11 Mercados Eficientes .....	35
1.12 Conclusiones .....	39
2. CAPÍTULO II: LA ENTROPÍA .....	43
2.1 Introducción .....	44
2.2 Mecánica Estadística .....	48
2.3 Teoría de la Información .....	55
2.4 La Entropía de Shannon .....	57
2.5 Aplicación a los sistemas financieros.....	59
2.5.1 Revisión de la literatura.....	59

2.5.2	Markowitz y la optimización de un portafolio .....	60
2.5.3	Planificación del Transporte.....	61
2.6	Otras Aplicaciones del Concepto de Entropía.....	63
2.7	Conclusiones .....	65
3.	CAPÍTULO III: LOS MODELOS LOGIT/PROBIT .....	69
3.1	Introducción .....	70
3.2	La econometría.....	71
3.3	Modelo de Probabilidad Múltiple con Información Cualitativa.....	72
3.4	Modelos logit/probit.....	74
3.5	Conclusiones .....	79
4.	CAPÍTULO IV: PARÁMETROS DEL MODELO Y CÁLCULO DE LA ENTROPÍA .....	81
	<i>Para encontrarte a ti mismo, piensa por ti mismo.</i> .....	81
4.1	Introducción .....	82
4.2	El modelo y las variables .....	83
4.3	Variables Independientes. ....	84
4.4	Variables Dependientes.....	86
4.5	Procedimiento Metodológico .....	87
4.6	Interpretación de los Coeficientes.....	91
4.7	Cálculo de la Entropía .....	92
4.8	Resultados .....	95
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES	106
5.1	Conclusiones .....	106
5.2	Limitaciones.....	110
5.3	Futuras Investigaciones .....	111
	ANEXO I .....	112
	REFERENCIAS.....	113



# ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Cartera de credito de banca multiple. Elaboración propia con información de la CNVB 2019.

**Tabla 2.** Ideas asociadas al concepto de entropía. Elaboración propia con información de diversas fuentes.

**Tabla 3.** Variables independientes del modelo. Elaboración propia

**Tabla 4.** Clasificación de las variables explicativas. Elaboración propia con información de ENIF-2018.

**Tabla 5.** Variables significativas del modelo de regresión logística perteneciente a la Región 4, Ciudad de México. Variables dependientes en filas e independientes en columnas. Elaboración propia con información obtenida de los modelos de regresión logística logit.

**Tabla 6.** Tabla con los valores de la probabilidad y los valores entrópicos de cada uno de los datos. Obtenida del modelo de probabilidad logit con las variables previamente seleccionadas, entre las cuales, existe una correlación significativa. Elaboración propia con información obtenida de los modelos logit.

**Tabla 7.** Clave de las regiones. Fuente INEGI 2018.

**Tabla 8.** Regiones pre-establecidas por el INEGI.

**Tabla 9.** Estados correspondientes a la región 1

**Tabla 10.** Estados con menor entropía.

**Tabla 11.** Entropías de todos los estados. Elaboración propia.

# ÍNDICE DE GRÁFICAS

**Gráfica 1.** Ingresos de México por remesas en millones de dólares, periodo enero de 2010 a marzo de 2020. Elaboración con datos del Banco de México, 2020.

<https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE81&locale=es>

**Gráfica 2.** La educación financiera contempla el manejo de conceptos como la inflación y la deflación. En la gráfica se observa que las personas entrevistadas en la ENIF, 2018 tienen conciencia del concepto de inflación. Elaboración propia con información de ENIF INEGI, 2018.

**Gráfica 3.** ¿Es mejor ahorrar el dinero en dos o más formas o lugares que en uno solo? (una cuenta de ahorro, una tanda, con familiares o conocidos, etcétera). Principio de diversificación. Elaboración propia con información de la ENIF INEGI, 2018.

**Gráfica 4.** Porcentaje de personas que declararon tener o haber tenido una cuenta de banco. Elaboración propia con información de la ENIF INEGI 2018.

**Gráfica 5.** Porcentaje de persona con banca por celular. Elaboración propia con información de la ENIF INEGI, 2018.

**Gráfica 6.** Número de personas que han hecho uso de la banca por celular. Elaboración propia con información de la (ENDUTIH, 2019).

**Gráfica 7.** Principales compras de los usuarios de internet. Elaborada con información de ENDUTIH 2019.

**Gráfica 8.** Cantidad de personas que compran servicios financieros o seguros por Internet. Elaboración propia con información de ENDUTIH 2019.

**Gráfica 9.** Tipo de aplicaciones instaladas en los teléfonos inteligentes. Elaboración propia con información de ENDUTIH 2019.

**Gráfica 10.** Principal uso que se le da a los celulares en China. Elaboración propia con información del 43° "Informe estadístico sobre el desarrollo de Internet en China" 2019. [http://www.cac.gov.cn/2019-02/28/c\\_1124175677.htm](http://www.cac.gov.cn/2019-02/28/c_1124175677.htm).

**Gráfica 11.** Evolución de la cartera de crédito al consumo otorgado por la banca múltiple consolidada. Elaboración propia con información de la CNVB 2019.

**Gráfica 12.** Elaboración propia con información de ENIF-INEGI 2019.

**Gráfica 13.** Elaboración propia con información de ENIF-INEGI 2019.

**Gráfica 14.** Información contenida en el sistema financiero mexicano. Elaboración propia con información de la BMV.

**Gráfica 15.** La distribución de probabilidad acumulada de la riqueza neta, en el Reino Unido, se muestra en las escalas log-log (panel principal) y log-lineal (recuadro).

**Gráfica 16.** Distribución de probabilidad acumulada de las declaraciones de impuestos para E.E.U.U.

**Gráfica 17.** Distribución de probabilidad acumulada de las declaraciones de impuestos trazadas en la escala log-log versus  $r / Tr$  (el ingreso anual  $r$  normalizado por el ingreso promedio  $Tr$  en la parte exponencial de la distribución).

**Gráfica 18.** Función logística, Wooldridge (2014).

**Gráfica 19.** Comparación entre los modelos logit y probit. Fuente: Klieštik et al., 2015.

**Gráfica 20.** Ingreso mensual de las personas que viven en la región Noroeste. Elaboración con información de Encuesta Nacional de Inclusión Financiera 2018.

**Gráfica 21.** Gráfica del comportamiento de la entropía. Elaboración propia.

**Gráfica 22.** Comparativa de los estados. Entropía regional ponderada.

**Gráfica 23.** Entropía de los estados de la República (rojo), gráfica de la función  $x \ln x$  correspondiente a la entropía (azul). La distribución de la entropía se encuentra concentrada en una región entre 0.23 y 0.34. Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 24.** Entropía Rural en la República Mexicana. Chihuahua presenta el más alto entrópicamente y la Ciudad de México el más bajo.

**Gráfica 25** Entropía inclusión financiera rural.

**Gráfica 26.** Entropía urbana –educación financiera. Estado de la república v/s Valor dela entropía.

**Gráfica 27.** Probabilidad v/s valor de la entropía.

**Gráfica 28.** Estado de la república v/s valor de la entropía.

**Gráfica 29.** Estado de la república v/s valor de la entropía.

**Gráfica 30.** Producto Interno Bruto 2018.

**Gráfica 31.** Entropía Nacional. Educación Financiera Rural y Urbana. Elaboración propia.

# ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Esquema lineal de cómo se genera la incertidumbre cuando se comunica un mensaje. Elaboración con información del Modelo de Lasswell (1948).

**Figura 2.** Metáfora de la información. Elaboración propia.

**Figura 3.** La incertidumbre como algo bueno, que eleva el consumo y promueve el crecimiento. Y la incertidumbre como algo malo que inhibe el consumo y el crecimiento. Con información de Segal et al., 2015 y Shannon et al. (1949).

**Figura 4.** Formas más comunes de expresar la incertidumbre. De arriba hacia abajo: barra de error, diamante, violín, barras y tira de densidad. Como ejemplo se propone una distribución cualquiera. Elaboración con información de Van der Bles et al. 2019.

**Figura 5.** Formas de representar la incertidumbre en los informes. a) forma de expresar la incertidumbre y b) escala de confianza en la evidencia científica. Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC 2010. [https://wg1.ipcc.ch/docs/AR5\\_Uncertainty\\_Guidance\\_Note.pdf](https://wg1.ipcc.ch/docs/AR5_Uncertainty_Guidance_Note.pdf).

**Figura 6.** Información en los mercados eficientes.

**Figura 7.** Objetivos de desarrollo sostenible Banco Mundial (2020).

**Figura 8.** Máquina térmica que viola el enunciado de Kelvin Planck. Elaboración propia con información de Cengel, 2015.

**Figura 9.** Concentración de partículas de polvo en una nube.

**Figura 10.** Complejidad de la información. Imagen de la izquierda: Kahlo, Frida (1939). Las dos Fridas. Imagen de la derecha: hoja en blanco.

**Figura 11.** Algoritmo para la obtención de la entropía a partir del modelo logit y los datos obtenidos de la ENIF (2018). Elaboración propia.

**Figura 12.** División regional de México INEGI (2018).

**Figura 13.** Entropía Regional ponderada. Elaboración propia

**Figura 14.** Entropía rural en la República Mexicana. Chihuahua es el más alto entrópicamente y la Ciudad de México el más bajo.

**Figura 15.** Entropía rural- inclusión financiera. Elaboración propia con información obtenida de los modelos logit.

**Figura 16.** Entropía urbana –educación financiera.

**Figura 17.** Entropía urbana – educación financiera. Elaboración propia con información obtenida de los modelos de regresión logit y con datos de la ENIF (2018).

## RESUMEN

En este trabajo se propone como metodología para la medición de la incertidumbre financiera de las personas a nivel estatal y nacional, el empleo de modelos de regresión logística que funcionan como suministro para el posterior uso del concepto de entropía de la información propuesto por Shannon *et al.*, (1949) y así conocer el grado de incertidumbre en cada región del territorio nacional. Asimismo, este resultado puede funcionar como coadyuvante a generar políticas públicas que promuevan la equidad y la eficiencia en los recursos del estado, pero también, al conocer cuantitativamente el grado de incertidumbre financiera de las personas que habitan alguna región, se puede incluir en los modelos de optimización y tomar decisiones con mayor certeza.

Metodológicamente se ha recurrido a realizar una revisión documental partiendo de la naturaleza de la educación financiera y la inclusión financiera, términos que se abordan en repetidos estudios de organizaciones tales como, la OCDE (2017), la ONU (2020) y el INEGI<sup>1</sup> (2018), que mencionan la importancia de extender los beneficios de poseer educación e inclusión financiera para la población en general y sus implicaciones en el desarrollo de las naciones que los implementan.

Los principios básicos de la termodinámica y sus distintas interpretaciones, así como el concepto de entropía de la información y su reciente uso para calcular la incertidumbre asociada a los sistemas, también son abordados en este trabajo.

Se hace una revisión bibliográfica de los modelos *logit* que, dadas sus características multinomiales, propician la comprensión de una forma más amplia, sistémicamente hablando, de la realidad financiera de la población, lo cual, permite incorporar variables de naturaleza distinta al modelo propuesto

Finalmente se mide la incertidumbre estatal de los estados de la República Mexicana partiendo de los principios de inclusión financiera y educación financiera de la población. Lo anterior se realiza a través de la probabilidad de encontrar a una persona que cumpla parámetros establecidos por las instituciones internacionales, tales como el acceso a créditos y el conocimiento de conceptos como la inflación y la diversificación, usando las herramientas antes mencionadas,

La fuente primaria de este trabajo utiliza las 17 preguntas realizadas a 14 400 personas a nivel nacional, incluidas en la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (ENIF) elaborada por el INEGI en 2018.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con la OCDE (2017) y el Banco de Desarrollo de América Latina (2013) los niveles de pobreza y desigualdad, en toda la región, siguen siendo preocupantes. Ambas resaltan el impacto que la exclusión financiera ha causado sobre todos los sectores de la población, tanto urbana como rural, impacto que puede dificultar el futuro desarrollo económico y social de la región. Lavallo (2018) expone que existen desafíos muy importantes para México, en materia de inclusión financiera tales como: infraestructura financiera insuficiente, adquisición y uso limitado de los productos y servicios financieros, falta de conocimiento del sistema financiero (educación financiera) y falta de información para medir el impacto de acciones de inclusión financiera.

En los últimos años E.E. U.U. y Gran Bretaña han mostrado un gran interés en la estabilidad financiera de los hogares y su relación con el sistema financiero nacional, encontrándose relaciones importantes entre la deuda de los hogares y la capacidad de enfrentar crisis financieras como la que actualmente se vive derivado de la COVID-19. (Brown *et al.*, 2015; OMS, 2020).

Por otro lado, los responsables de las políticas públicas, en estos países, han resaltado la importancia de analizar los esquemas financieros de los hogares, incluyendo los activos y los pasivos en su conjunto, y no, de forma separada, como usualmente se realiza. Por ejemplo, Cox *et al.*, (2002), exploraron las presiones financieras en Gran Bretaña y encontraron que los hogares con una deuda neta más alta, representaban los hogares con entradas netas más altas, lo que implica que estos hogares pueden estar relativamente bien dispuestos a hacer frente a los choques financieros adversos (Brown *et al.*, 2015). Adicionalmente, Taylor *et al.*, (2009), sugieren que el sector más joven y aquellos responsables del hogar que se encuentran en el cuartil<sup>2</sup> más bajo, son los más vulnerables a cambios financieros, dado que tienen una alta proporción de deuda, pero no poseen activos financieros, lo que significa que tienen un patrimonio neto negativo, provocando incertidumbre en la población.

Lo anterior lleva a las siguientes preguntas: ¿es posible medir la certidumbre financiera de la población? ¿cuáles son las variables que influyen en la certidumbre financiera personal? ¿la educación financiera permite disminuir la incertidumbre financiera personal?

Así el problema que se pretende abordar es el siguiente:

*Medir la incertidumbre financiera de las personas en México, conociendo las costumbres y el acceso a servicios bancarios que tienen, con el propósito de encontrar las posibles causas que lo generan utilizando información del INEGI y utilizando la entropía como medida de la incertidumbre.*

Los países que han comenzado a estudiar la relación entre los esquemas financieros de los hogares y el sistema financiero nacional, se encuentran muy alejados de la realidad

---

<sup>2</sup> Los cuartiles son valores que dividen una muestra de datos en cuatro partes iguales y se usan para poder evaluar la dispersión y la tendencia central de un conjunto de datos.

económica mexicana. Sin embargo, la OCDE (2017) ha determinado que manejar los conceptos básicos de educación financiera, incrementan el desarrollo y promueven la equidad en los países donde se logra extender a la población en su conjunto.

En el amanecer del siglo XXI, la educación en México, continúa siendo uno de los temas más importantes para la población en general. De acuerdo con el INEGI<sup>3</sup>, en la mayoría de los estados de la República Mexicana, la educación básica parece estar cubierta casi en su totalidad, alcanzando tasas entre el 82% y el 98% de cobertura. No es el caso de la educación superior, donde la cifra alcanza únicamente el 18.6% de la población. Todos los niveles de gobierno desde el federal, estatal hasta municipal han evitado por desinterés o por desdén democratizar la educación en todos sus niveles, arrastrando con ello una de los campos más ignorados por la población en general: la educación financiera.

Levenko (2020) revela que la alta incertidumbre que se generó en el periodo 2008-2010, correspondiente a la crisis *subprime* (2008), provocó que las finanzas domésticas se reorientaran al ahorro, aumentándolo substancialmente en E.E. U.U. y Europa. La acumulación de ahorros, acompañado de un alto nivel de incertidumbre económica, ha estimulado el interés en comprender la dinámica del comportamiento de las finanzas en los hogares.

Si se excluyen los factores macroeconómicos, y se conocieran las variables que generan la incertidumbre financiera de las personas por medio de sus hábitos, ¿sería posible calcularla y reducirla? Al reducirla ¿podrá generar una atmósfera de prosperidad?

De acuerdo con el Banco Mundial (2020), el 75% de la población en pobreza no tiene una cuenta bancaria y más de 2500 millones de personas en el mundo, no utilizan servicios financieros formales, y afirma que la inclusión financiera reduce la pobreza e impulsa la prosperidad<sup>4</sup>, reduciendo la incertidumbre financiera de las personas.

El problema principal de lo anterior recae en, ¿cómo incorporar la inclusión y la educación financiera para lograr obtener cuantitativamente el valor de la incertidumbre financiera de la población?, y así tomar medidas en las áreas más sensibles para disminuirla, incrementando el desarrollo y promoviendo la equidad. Lo anterior requiere que se adopte un enfoque sistémico, que permita dibujar la situación que impera en las finanzas de los hogares de México y que será la columna vertebral del presente trabajo.

---

<sup>3</sup> INEGI, Encuesta Intercensal, 2015. Recuperado en 04/2020 de:  
[https://www.inegi.org.mx/temas/educacion/default.html#Informacion\\_general](https://www.inegi.org.mx/temas/educacion/default.html#Informacion_general)

<sup>4</sup> Banco Mundial, 2020. Inclusión Financiera. Recuperado en 04/2020 de:  
<https://www.bancomundial.org/es/topic/financiamiento/overview>

## **HIPÓTESIS**

En la educación y la inclusión financiera la desigualdad regional presenta una diferencia clara entre el norte y el sur del país siendo ésta última la región más atrasada y con más incertidumbre.

Las ciudades presentan menor incertidumbre en la educación y la inclusión financiera si se compara con las regiones rurales.

Conocer la incertidumbre financiera de las personas permite esbozar la situación económica actual.



## OBJETIVOS

- Mostrar la importancia de la educación y la inclusión financiera.
- Implementar un enfoque sistémico que permita cuantificar el nivel de incertidumbre financiera de las personas en México.
- Identificar las variables que puedan tener una correlación entre los hábitos y el acceso a los servicios bancarios de la población mexicana, y la educación e inclusión financiera.
- Medir el grado de Incertidumbre Financiera de las personas, en las diferentes regiones de México.
- Contrastar las desigualdades que existen en México mediante la percepción de la incertidumbre financiera de las personas.

# **1. CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE**

*ORDO AB CHAOS*

Ricardo Corazón de León

## 1.1 Introducción

En ingeniería el concepto de incertidumbre está asociado sustancialmente a la duda que existe cuando se realizan mediciones de cualquier tipo (Ruiz *et al.*, 2010). La fluctuación de un instrumento al momento de medir la temperatura de un cuerpo provoca desconfianza al observador, asociada a la inexactitud del mismo. Es natural que los instrumentos no arrojen cifras exactas o que proporcionen un número fijo meta-estable que no proporcione seguridad al observador con una certeza del 100%. Para cualquier medición, no importa qué tan exacta pueda parecer, siempre existirá un margen de duda conocido comúnmente como incertidumbre.

No se debe confundir el concepto de error con el concepto de incertidumbre, mientras que el error es la diferencia entre el valor real y el valor esperado, la incertidumbre es la cuantificación de la duda con respecto a la medición que se ha realizado.

Para Hoogduin *et al.*, (1987) diferenciar riesgo de incertidumbre es muy importante. En una situación de incertidumbre no todas las consecuencias de una decisión que va a tomarse se pueden saber. Lo que contrasta con una situación de riesgo en la cual se pueden conocer todos, o por lo menos una gran cantidad, de los posibles resultados de una cierta acción. Supongamos una situación como la que se vive actualmente en el mundo por la COVID-19 (OMS, 2020). Nadie tendrá certeza de las implicaciones económicas, políticas, sociales, etc. que esta situación traerá para cada uno de los países del mundo de forma detallada. Imposible es la palabra que se usa para describir lo que representaría conocer todos los posibles escenarios que una situación como esta generará en el corto o largo plazo y, por tanto, el fenómeno de incertidumbre, está mucho más conectado con la situación actual.

Adicionalmente se puede mencionar que la incertidumbre es una parte inherente al conocimiento y en general cualquier ponente en un congreso, seminario o exposición de algún tema en específico, evitará abiertamente la incertidumbre acerca de lo que sabe e incluso, de lo que propicia en algunos miembros del público. Evitar la incertidumbre o el miedo a la reacción, que pueda tener su audiencia al pronunciar alguna frase que denote duda o escepticismo acerca del tema expuesto, será de vital importancia para el ponente. En este estudio de 2019 los autores identifican tres tipos de incertidumbre: la de hechos, la de números y la de ciencia; así como dos niveles de incertidumbre: directo e indirecto (Van der Bles *et al.*, 2019).

En el diccionario de Cambridge<sup>5</sup> se encuentra que la incertidumbre está asociada a toda actividad humana, en todas las áreas del conocimiento y en todas las sociedades, es decir, siempre existirá ambigüedad acerca de lo que significa algo o, en alguna medida, seremos ignorantes de lo que sucederá en el futuro.

La importancia de este concepto también se puede encontrar fuera del ámbito de las ciencias exactas, por ejemplo, Hofstede (2010) la define como el "grado en que los miembros de una

---

<sup>5</sup> Cambridge Dictionary, <https://dictionary.cambridge.org/es/> (consultado el 21/07/2020)

cultura se sienten amenazados por situaciones inciertas o desconocidas" y define la "previsión de la incertidumbre" como el "nivel de tolerancia de la sociedad a la ambigüedad". Las culturas con alta aversión a la incertidumbre intentan mitigar el estrés asociado, procurando generar un clima de seguridad y de protección (Hofstede, 2001).

A diferencia de la incertidumbre, el riesgo se ha estudiado más ampliamente, incluso entidades privadas han realizado estudios para medir el riesgo de invertir en algunos países. Uno de ellos es el Índice de Resiliencia Global FM 2019<sup>6</sup> elaborado por FM Global, compañía de seguros enfocada en la gestión del riesgo, en donde México ocupa el lugar número 69 de los 130 países "mejores para invertir". De acuerdo con una variedad de factores tales como, riesgo comercial, productividad económica general, exposición a peligros naturales, amenaza a la ciberseguridad, la corrupción gubernamental y la transparencia en la cadena de suministro, los países que ocupan los primeros lugares, en orden descendente, son: Singapur, Nueva Zelanda y Canadá. Ellos alientan a las compañías a transparentar su información presentando un entorno estable para una empresa. Una empresa también debe ser capaz de adaptarse al medio ambiente, tener un sistema político estable y un manejo sólido de los desastres naturales para ocupar un lugar privilegiado en esta lista. Un buen ejemplo es Noruega impulsada por las 10 principales calificaciones en productividad económica, estabilidad política, control de la corrupción y gobierno corporativo. Noruega también cuenta con una baja exposición a riesgos naturales y ha disminuido su dependencia económica del petróleo lo que la coloca dentro de los mejores países para hacer negocios. Lo anterior, también resalta la importancia de considerar diversas variables para estudiar fenómenos como la incertidumbre.

Con base en lo anterior, se puede decir que los mejores países para hacer negocios son aquellos que gozan de menor riesgo y menor incertidumbre. En el otro extremo, los países que se encuentran en el fondo de la lista como Venezuela y Haití (Fast Company, 2019) son presentados como los peores países para invertir. Destaca que se mencione como factor importante, la baja corrupción de los países punteros y, por deducción, los países que se encuentran en el otro extremo se considerarán altamente corruptos.

Este precedente destaca la importancia de estudiar la incertidumbre, cómo se genera y cuáles son sus efectos, ya que mientras menos incertidumbre exista en un país, mayor será la confianza para invertir por parte de los empresarios. Pero también las implicaciones en la economía nacional, regional e incluso internacional, y es que se ha probado que la incertidumbre puede afectar la economía regional, siendo el ahorro una de las vías clave para los responsables de los hogares. Medir la incertidumbre y sus causas, en este caso a nivel de la economía familiar, sentará las bases para comprender en el futuro este fenómeno (Fernández, *et al.*, 2015; Basu *et al.*, 2017).

Díez, *et al.*, (2018) argumentan que, todo aquel con una empresa o negocio perteneciente a una sociedad donde existe una alta incertidumbre, evitarán emprender proyectos excesivamente innovadores o riesgosos.

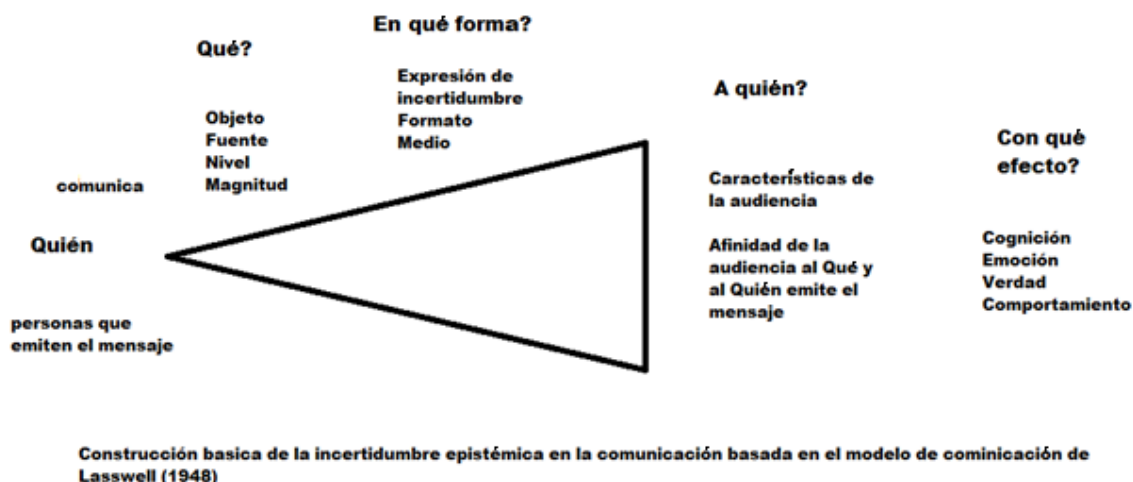
Así, el presente trabajo busca comprender como se distribuye la incertidumbre financiera de las personas, a lo largo del territorio nacional, por medio de la relación existente con los

---

<sup>6</sup> FM Global Resilience Index. Herramienta para comprar el riesgo entre 130 países.

hábitos de la población, los conocimientos financieros propios y su distribución urbana o rural según sea el caso. Si consideramos que de poco más de 4 millones de empresas existentes en México durante 2014, el 97.6% son microempresas y concentran el 75.4% del personal ocupado total, seguidas por las empresas pequeñas con el 2.0% y el 13.5% del personal ocupado y las medianas que representan el 0.4% y el 11.1%, respectivamente (ENAPROCE, 2015), se puede decir que la estabilidad del 80% de las personas ocupadas en este sector, cuyas empresas/negocios son mayoritariamente familiares, está relacionada con la percepción del grado de incertidumbre, que tiene la sociedad. De ahí la importancia de estudiar la incertidumbre a este nivel.

Baker *et al.*, (2016) argumentan que la incertidumbre se puede medir de diversas maneras y menciona algunos tipos de variables para la incertidumbre. La más utilizada es la volatilidad de un indicador económico, como la producción, la inflación o los índices bursátiles. Algo que destaca en esta revisión de la literatura, es que, contrario al pensamiento común, la religión y la cultura son factores relevantes para la toma de decisiones financieras, lo cual se abordará más adelante (Díez, *et al.*, 2018).



**Figura 1.** Esquema lineal de cómo se genera la incertidumbre cuando se comunica un mensaje. Elaboración con información del Modelo de Lasswell (1948).

Un estudio realizado por Lasswell (1948), pionero en caracterizar el origen de la incertidumbre en la comunicación, se observa en la figura 1. Lasswell (1948) propuso un modelo muy robusto en donde se enmarca la incertidumbre que generan los emisores y receptores de algún mensaje en particular. En dicho estudio analiza quién comunica qué, de qué forma, a quién y con qué efecto, al tiempo que reconoce el contexto relevante como parte de las características de la audiencia, todo esto en referencia a la incertidumbre cuando se comunica un mensaje.

En la figura 1, de izquierda a derecha encontramos primero ¿quién está emitiendo el mensaje? Evaluar quién está emitiendo la información es crucial. Nuestro país se ha caracterizado por tener una alta percepción de la corrupción. Transparencia Internacional (2019) coloca a México como uno de los países con más percepción de la corrupción en Latinoamérica y dentro del grupo de los más corruptos a nivel mundial, por lo que cualquier mensaje que emita,

contendrá una inherente carga de desconfianza por parte de los receptores de ese mensaje. Contrario a un académico, el cual tendrá más credibilidad, debido a que, entre sus fuentes, destacan las revistas científicas, los libros y las tesis, disminuyendo la desconfianza en los receptores (UANL, 2014).

El modelo anterior es pionero en la delimitación de lo que llamamos incertidumbre.

De derecha a izquierda podemos observar quién está comunicando o emitiendo el mensaje.

¿Quién? Según Lasswell (1948) existen, en general, dos tipos de sujetos:

- Las personas que reciben el mensaje y evalúan la incertidumbre: Están definidos como expertos que son los que reciben el mensaje: científicos, grupos de académicos, instituciones gubernamentales. A éstos se les denomina los dueños o poseedores de la incertidumbre.
- Las personas que realizan la comunicación, que pueden incluir: expertos técnicos, profesionales de la comunicación y periodistas. A menudo actúan en nombre de instituciones.

¿Qué? El siguiente está relacionado con el mensaje que se emite:

- El mensaje sobre el cual hay incertidumbre en términos de hechos, números o modelos científicos e hipótesis.
- La fuente, donde surge la información.
- El nivel de incertidumbre.
- La magnitud de la incertidumbre, desde una pequeña falta de precisión, hasta un grado sustancial de ignorancia.

¿En qué forma? El siguiente es cómo está siendo transmitido el mensaje:

- La expresión de la incertidumbre como una distribución de probabilidad completa, o solo una breve mención de que existe incertidumbre.
- El formato de la comunicación de incertidumbre, en términos de números, visualizaciones o declaraciones verbales.
- El medio de comunicación, como impresión, en línea, difusión o conversación verbal.

El tercer nivel se refiere ¿a quién se le está comunicando el mensaje?:

- Las características de las audiencias, por ejemplo, en términos de sus niveles variables de aritmética y alfabetización (gráfica), su experiencia y conocimiento del campo.
- La relación de la audiencia con lo que se está comunicando, como, por ejemplo, si el tema está en disputa o emocionalmente cargado para ellos.
- La relación de la audiencia con las personas que realizan la comunicación, incluida la credibilidad percibida y si existe confianza o desconfianza entre la audiencia y los comunicadores.

¿Con qué efecto? Finalmente, los factores relacionados con el efecto que tendrá el mensaje en la audiencia

- El efecto de la comunicación en la cognición, la emoción, la confianza, el comportamiento y la toma de decisiones de la audiencia.

El modelo propuesto por Lasswell (1948) sienta las bases para futuras investigaciones y la comprensión del fenómeno. No obstante, el modelo no permite cuantificar el grado de incertidumbre.

## 1.2 Teoría de la Incertidumbre.

Al tomar decisiones, a menudo es difícil pronosticar las consecuencias de eventos futuros o su probabilidad de ocurrencia. Los fenómenos cuyo resultado no se puede predecir o estimar con precisión de antemano se denominan *indeterminados o fenómenos aleatorios*. En realidad, cuando no se pueden usar muestras para estimar la función de distribución o en ciertas emergencias (como guerras, ataques terroristas, inundaciones, pandemias, terremotos, accidentes o incluso rumores), muchos fenómenos no concluyentes no son aleatorios ni ambiguos (Liu, 2007).

Al encontrarse con esto Liu, (2007) propone: La Teoría de la Incertidumbre. En términos simples, se define como un sistema matemático que estudia los fenómenos de incertidumbre subjetiva y puede procesar científicamente variables inciertas, dadas por el grado de creencia de los expertos.

Posteriormente se generaron algunas investigaciones como la que Liu y Chen realizaron en 2015, donde estudiaron la programación incierta de objetivos múltiples y la planificación de objetivos inciertos; también Gao (2009) propuso gráficos inciertos y redes inciertas; y en el campo financiero, Yao *et al.*, (2014) aplicaron a carteras de riesgo, lo que denominaron: decisiones inciertas.

La teoría de la incertidumbre es una rama de las matemáticas basada en la normalidad, la monotonidad, la auto dualidad y los axiomas contables de subaditividad. Usando principalmente la teoría de la probabilidad, la teoría de la credibilidad y la teoría del azar. La teoría de la incertidumbre promete un manejo razonable de la confiabilidad. Dicha teoría se basa en cuatro axiomas clave: normativos, monotónicos, de dualidad y sub-aditivos, además de que funciona como la base teórica para estudiar fenómenos inciertos que no son aleatorios ni ambiguos. La Teoría de la Incertidumbre se centra: en la medida incierta, el espacio de incertidumbre, la variable incierta, la distribución de la incertidumbre, el valor esperado, la varianza, los momentos, los valores críticos, la entropía, la distancia, la función característica, la convergencia casi segura, la convergencia en la medida, la convergencia en distribución y en la incertidumbre condicional (Liu, 2007).

Liu (2007) proporciona una definición de entropía para caracterizar la incertidumbre de las variables inciertas resultantes de la deficiencia de información. Este teorema establece que la entropía de una variable incierta alcanza su máximo, cuando la variable incierta es equi-

probable y por tanto no habrá preferencia entre todos los valores que tomará dicha variable. Y define la entropía como:

$$H(\varepsilon) = \sum_{i=1}^{\infty} S(t)$$

Donde  $S(t) = -t \ln t - (1 - t) \ln(1 - t)$

Una variable incierta es una función medible desde un espacio de incertidumbre  $(\Gamma, L, M)$  al conjunto de números reales, es decir, para cualquier conjunto Borel<sup>7</sup>  $B$ , de números reales, el conjunto:

$$\{\varepsilon \in B\} = \{\gamma \in \Gamma \mid \varepsilon(\gamma) \in B\}$$

es un evento. En general las variables aleatorias, las variables difusas y las variables híbridas son ejemplos de variables inciertas.

Al llevar a cabo una revisión de la literatura se encontró que Knight (1921), diferenció los conceptos de incertidumbre y riesgo definiendo al riesgo como una cantidad que es susceptible de medición, sin embargo, Knight definió al riesgo como la incertidumbre que se puede medir.

La incertidumbre es la ausencia de certeza, un estado de conocimiento limitado, en el cual es imposible describir en forma exacta, un estado existente o un resultado futuro y, además, con más de un resultado posible, en otras palabras, es la ausencia de confianza (Gonga *et al.*, 2020). Sin embargo, Knight (1921) si define la medición de la incertidumbre como un conjunto de estados posibles o resultados con probabilidades asignadas a cada estado posible o resultado, incluyendo la aplicación de una función de densidad probabilística a variables continuas.

### 1.3 La metáfora de la información

En la historia del conocimiento humano, las metáforas se han utilizado como recurso para identificar entre dos situaciones *diferentes*, alguna semejanza, y así entender la realidad que nos rodea. Las podemos encontrar en prácticamente todas las áreas del conocimiento humano, por ejemplo, la metáfora del nudo Gordiano en donde Flavio Arriano (Siglo II d.c.) escribió acerca del problema irresoluble de los habitantes de Frigia, relacionado a desatar una gran maraña de nudos. Cuando Alejandro Magno conquistó esta región, le encomendaron el reto de desatar el nudo, el cual cortó con su espada. Este nudo simbolizaba la gran cantidad de problemas que se tenían en este reino y al cortarlos con su espada Alejandro *resuelve* el problema. Una de las metáforas más famosas de la ciencia se encuentra en el modelo atómico de Rutherford (1911) el cual plantea como: *muy similar al sistema solar*, ilustrando las grandes distancias que existen entre el núcleo, para este caso el sol, y los átomos, o sea los planetas que los acompañan, dejando también la idea de que la materia no es *tan sólida* como

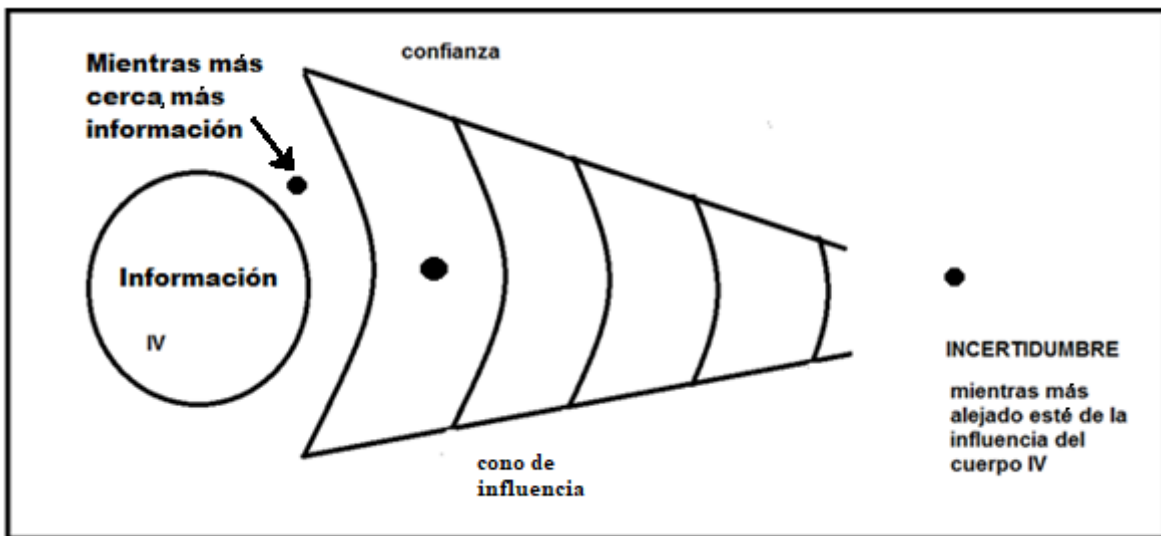
---

<sup>7</sup> Un conjunto Borel es cualquier conjunto obtenido mediante uniones e intersecciones numerables de conjuntos cerrados o abiertos en la topología considerada.



se pensaba hasta ese momento. De la misma forma el evento llamado *Black Swan* (Taleb, 2010) o Cisne Negro, que hace referencia a un evento que es una verdadera sorpresa. La metáfora hace referencia a los cisnes, que en su gran mayoría son blancos pero que en algunas muy raras ocasiones llega a salir en la camada un cisne negro, lo cual, a pesar de ser una sorpresa, también se vuelve un evento esperado.

Lo que se busca a continuación, es utilizar una metáfora, comparando un emisor de información IV y el campo de influencia o gravitatorio generado por la información que emite. El cuerpo que orbita IV, con un receptor de información, y la desinformación total o incertidumbre en el extremo derecho de la figura 2. El cuerpo IV, emitirá información verdadera, pero también información falsa, lo que propiciará que un observador que se coloque a una cierta distancia se vea afectado por la gravedad del cuerpo (la información atrae al cuerpo). Un observador que esté en contacto con la información tendrá en general, dos posibilidades, orbitar el cuerpo de forma que el observador se encontrará en equilibrio, recibiendo y analizando la información (observador racional) o, por otro lado, el observador que reciba únicamente información falsa, el cual se estrellará en la superficie (observador irracional). Por otro lado, un cuerpo que se aleje demasiado del emisor de información, perderá todo contacto con el cuerpo y se perderá en la incertidumbre (ausencia total de información).



**Figura 2.** Metáfora de la información. Elaboración propia.

Esta metáfora de la información intenta exponer que, tener mucha información, no necesariamente es la respuesta a todos los problemas. En ocasiones se tienen demasiados datos, sin saber si todos ellos serán útiles o no. Por otro lado, cuando se recibe información, se analiza y se procesa, es posible diferenciar si es información útil en ese momento, o si es información que no es de interés o no se puede analizar con las herramientas disponibles. Cuando el cuerpo se aleja demasiado de la información, también será un extremo que lo llevará a flotar en la incertidumbre. Ante esto, lo recomendable es conservar un punto que permita un estado en donde se reciba información suficiente para analizar y procesar la información, manteniendo un equilibrio

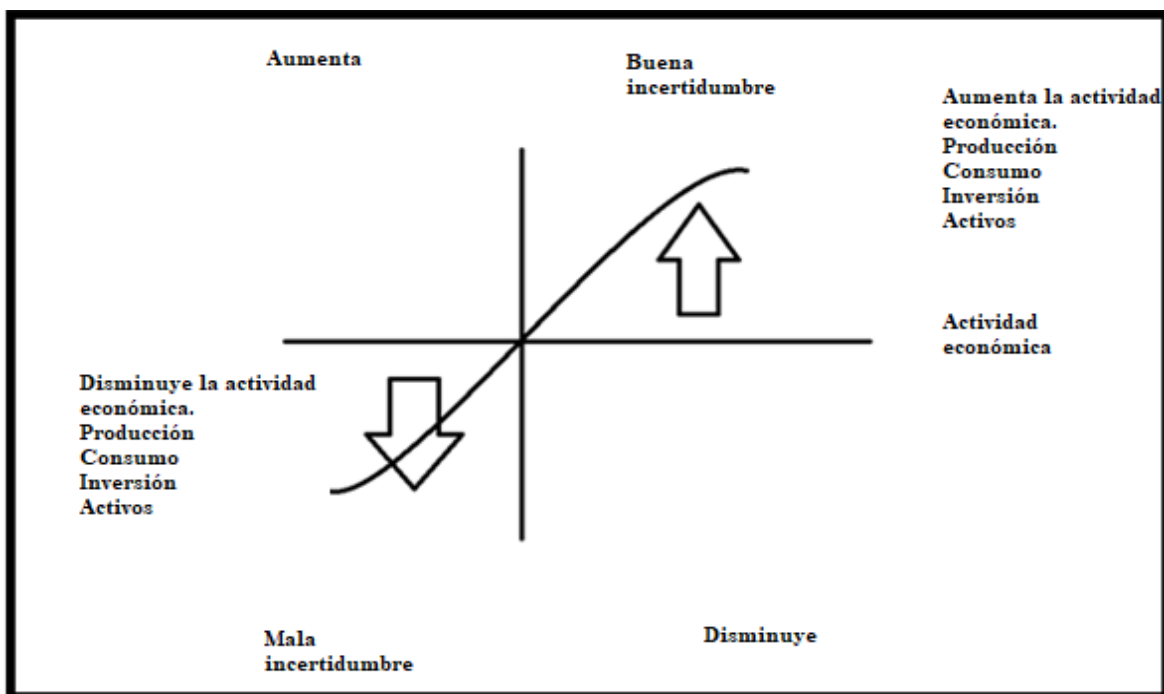
## 1.4 Dicotomía de la Incertidumbre

Existen algunos estudios que en los últimos años han aportado elementos importantes para comprender mejor el fenómeno de la incertidumbre. El trabajo de Segal *et al.*, (2015) es uno de ellos, ahí se hace una distinción entre la *mala incertidumbre*, asociada con la volatilidad de las cantidades macroeconómicas, por ejemplo, la baja producción, el bajo consumo, bajas ganancias y con precios e inversiones más bajos. Mientras que la incertidumbre *buena*, es la volatilidad que está asociada a impactos positivos a éstas mismas variables, y con mayores precios de activos e inversiones (Segal *et al.*, 2015).

Un ejemplo de mala incertidumbre se observa en la reciente crisis económica que el COVID-19 (OMS, 2020) está provocando en todo el mundo. Poco se sabe acerca de cuánto durará la pandemia y una vez que esta termine, cuál será la curva de recuperación.

En contraparte, según Segal *et al.*, (2015), la buena incertidumbre, se percibe cuando se descubre alguna nueva tecnología que traiga consigo una amplia gama de oportunidades para el desarrollo, como la incorporación de la red 5G en todo el mundo. Esta tecnología, aún en plena crisis por el COVID-19, está siendo dominada por China, la cual ha consolidado su posición de liderazgo en el mundo en la construcción de redes 5G desde el 2019 (GSMA, 2020).

Lo más relevante de este estudio es como Segal *et al.*, (2015) demostraron que las variaciones en la incertidumbre *buena* y *mala* tienen impactos opuestos, separados y significativos en la economía real y en los precios de los activos.



**Figura 3.** La incertidumbre como algo *bueno*, que eleva el consumo y promueve el crecimiento. Y la incertidumbre como algo *malo* que inhibe el consumo y el crecimiento. Con información de Segal *et al.*, 2015 y Shannon *et al.* (1949). Elaboración propia.

Como se observa en la figura 3 la idea de buena y mala incertidumbre se puede asociar a una gráfica exponencial, como Shannon *et al.*, (1949) lo propusieron en sus estudios, pero que además es simétrica con respecto al eje vertical. El aumento en la incertidumbre buena, a la cual se le llamaría confianza, está relacionada con el aumento en la actividad económica, la producción, el consumo, así como con el precio de los activos. En el otro extremo la incertidumbre mala o desconfianza, tiene asociada una baja en la producción, el consumo, la inversión y el precio de los activos.

## 1.5 La Incertidumbre en otras áreas

En la literatura existen algunos trabajos que tratan de medir la incertidumbre en los sistemas (Kelly *et al.*, 2016). Una de las aplicaciones sociales encontradas es de particular interés, ya que mide el impacto de la incertidumbre política, realizado en un estudio de campo. Goodell, *et al.*, (2019) miden el nivel de incertidumbre electoral directamente de la predicción diaria de los mercados y realizan un análisis de frecuencia diaria en el período previo a las elecciones presidenciales de los Estados Unidos y construyen un panel VAR con las variables de interés diarias. Usan datos diarios, desde el lunes de la semana anterior a las elecciones, hasta el miércoles posterior a las mismas (ocho días hábiles), para siete elecciones estadounidenses que abarcan el período 1992-2016.

Adicionalmente Iyke *et al.*, (2019) muestran que la incertidumbre de la Política Económica (IPE) es un importante factor disruptivo en los mercados de divisas. Tang *et al.*, (2020) muestra que la Incertidumbre de la Política Económica conduce a un aumento en el costo de capital de las empresas y provoca una disminución en la innovación. Incluye a México como parte de su estudio, así como a 22 países más. Concluyen que existe una relación directa entre la incertidumbre en la Política Económica y la estabilidad financiera en una nación, de forma que la IPE conduce a una disminución de la segunda. Prueban que un aumento en la desviación estándar de la IPE conduce a una disminución en la estabilidad financiera que ronda entre el 2.5% y 7.5% según sea el caso.

Lo anterior está fuertemente relacionado con el presente estudio ya que toca el concepto de estabilidad financiera. La incertidumbre, también aumenta las inversiones, si las empresas tienen la opción de revender los activos posteriormente (Abel, *et al.*, 1996), es decir, coincide con la teoría de Opciones Reales, en donde una opción más flexible, tendrá un valor más alto, que aquellas que sean más rígidas, además de que se requieren altos niveles de incertidumbre para que la Metodología de Opciones Reales tenga los mejores resultados (Black-Scholes, 1973)

Por otro lado, existen estudios que proporcionan evidencia empírica sobre los efectos reales de la incertidumbre. En términos de inversión, Gulen *et al.*, (2016) y Jens (2017) encuentran que las empresas retrasan el gasto en activos fijos cuando enfrentan incertidumbre política o incertidumbre electoral.

De acuerdo con los datos obtenidos empíricamente, Fukuda (2020) nos dice que, cada uno de los choques de incertidumbre analizados en un periodo dado, causó severas contracciones en las economías avanzadas. Y encontró qué, fue únicamente durante la crisis crediticia de 2007, cuando las economías de mercados emergentes experimentaron tales contracciones.

La confianza es lo contrario a la incertidumbre y existen diversas formas de medir la confianza en los sistemas sociales, culturales y financieros (Gonga, *et al.*, 2020). Por ejemplo, en los sistemas sociales, la confianza se cataloga como un proceso que surge de la interacción que las personas tienen durante su convivencia, cuando buscan información o cuando comparten recursos juntos. Trasladando el concepto al entorno financiero, la confianza se genera en la interacción de los individuos en los mercados y se concreta con el cumplimiento de las normas de operación. De forma contraria, la falta de confianza obstaculiza seriamente las interacciones entre los individuos generando su contraparte, la incertidumbre.

Por último, pero no menos importante, se encontró en el área médica que Zavala *et al.*, (2017) han caracterizado la incertidumbre en la toma de decisiones clínicas. Cuando se deben tomar decisiones críticas sobre cada paciente, que en ocasiones son de vida o muerte, realizan una revisión donde destaca que los resultados clínicos en situaciones de emergencia, son producto de una variedad de factores interconectados. Estos factores pueden afectar la capacidad del personal clínico en situaciones de emergencia para brindar atención de calidad y segura de manera oportuna. El desafío para los investigadores es construir el cuerpo de conocimientos sobre el manejo seguro de los pacientes, particularmente cuando los médicos están trabajando bajo presión. Esta comprensión es importante para desarrollar vías que optimicen la toma de decisiones clínicas en entornos dinámicos e inciertos. Otra de las aportaciones de este trabajo, resalta la importancia de la toma de decisiones bajo presión en los sistemas organizacionales, y retoma factores como la carga de trabajo, limitaciones de tiempo, trabajo en equipo, factores humanos y complejidad del caso. Las interacciones entre estos factores en diferentes niveles del proceso de toma de decisiones, pueden incrementar la complejidad de los problemas y las decisiones resultantes que deben tomarse.

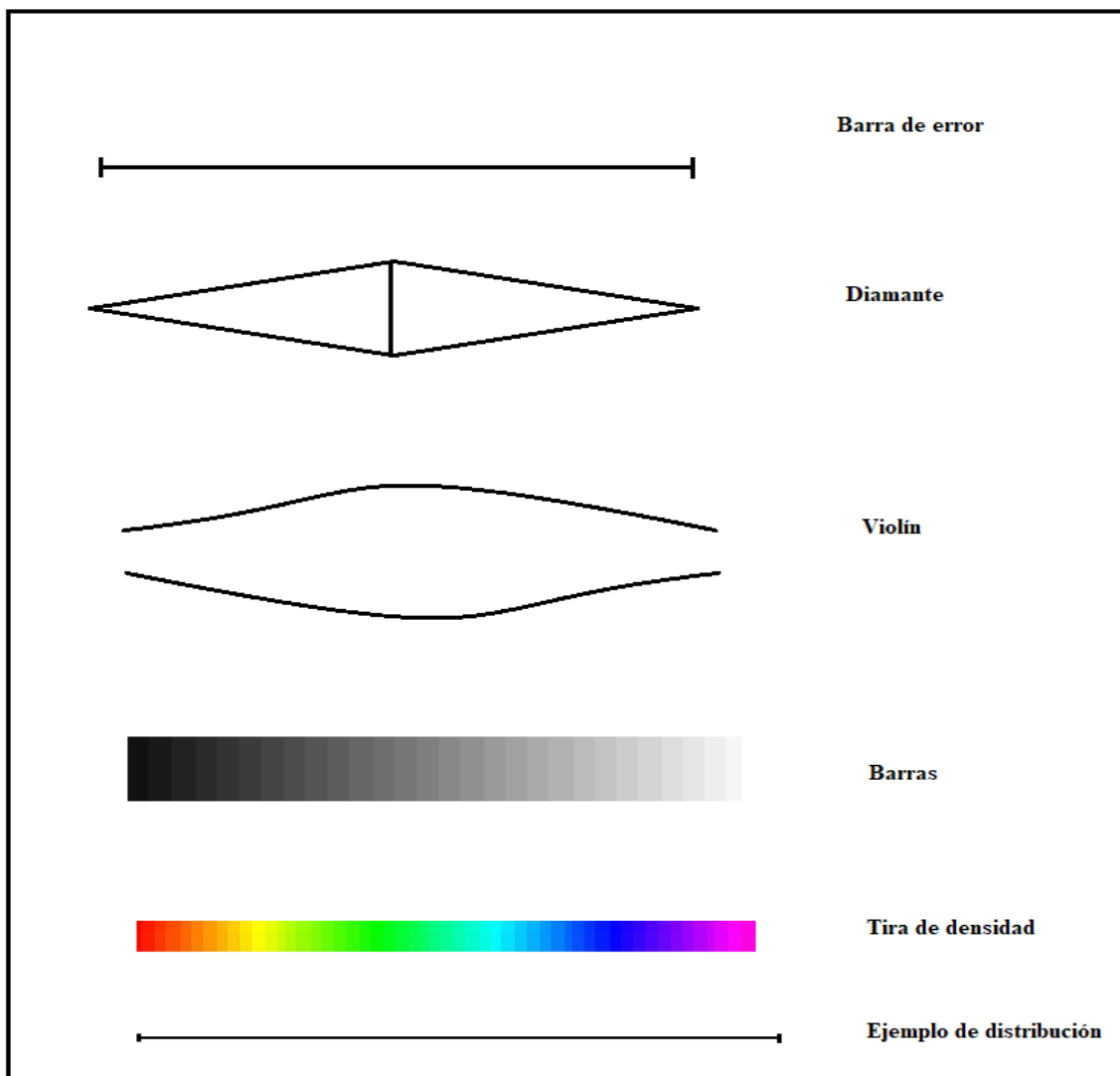
## 1.6 Formas de representar la Incertidumbre

Como se mencionó anteriormente, la incertidumbre es inherente a toda actividad y mensaje que emita un ser humano, si ésta información se transmitió de forma correcta o no, dependerá de muchos factores. Pero la incertidumbre no es exclusiva de los mensajes orales sino también de los mensajes escritos e incluso numéricos. Ahora se sabe que existen diversas formas de interpretar la incertidumbre ya sea visual, numérica o verbal (Van der Bles, *et al.*, 2019). Dependiendo en gran parte, del tipo de información que se difunda, la comunicación numérica y verbal tienen sus limitaciones. Sin embargo, existen muchas formas de comunicar incertidumbre visualmente. Una de las formas de expresar incertidumbre visualmente es con los intervalos de confianza en una curva de distribución de probabilidad, en donde usualmente se colocan dos barras para identificar una distribución de probabilidad. Otro elemento muy usado en la medicina, es el diamante o la distribución de violín, que están diseñados para dar una idea más acertada de la distribución subyacente.

Por otro lado, las gráficas de barras están diseñadas para mostrar a modo de bandas, algunos intervalos de confianza diferentes, a menudo con una gama de colores para enfatizar el cambio en la densidad de probabilidad a medida que se aleja del punto de interés.

Otra forma de representación son las tiras de densidad, que son la representación más importante y precisa de la distribución alrededor de un punto de interés y son ampliamente usados en gráficas de calor, estudios climáticos, pero también en las finanzas y en la biología.

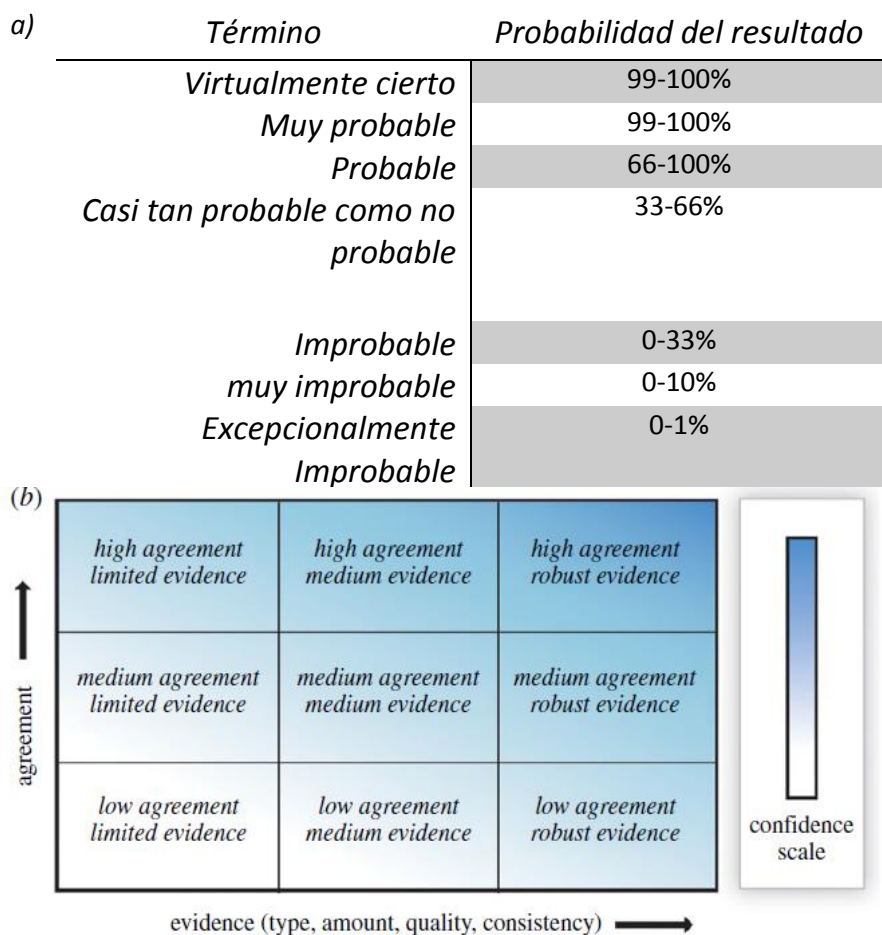
Dichas visualizaciones se han explorado principalmente en el contexto de riesgos futuros y Spiegelhalter, *et al.*, (2011) revisaron diferentes tipos de visualizaciones de incertidumbre sobre el futuro, como gráficos de barras, conjuntos de iconos, gráficos de abanicos o distribuciones de probabilidad. A continuación, se muestra una tabla de las diferentes formas de representar la incertidumbre propuesta por Van der Bles *et al.* (2019).



**Figura 4.** Formas más comunes de expresar la incertidumbre. De arriba hacia abajo: barra de error, diamante, violín, barras y tira de densidad. Como ejemplo se propone una distribución cualquiera. Elaboración con información de Van der Bles *et al.* 2019.

En ingeniería es muy común utilizar la barra de error cuando se estudia probabilidad, y las barras y tiras de densidad, en muchas áreas de la mecánica, como pueden ser: la distribución de temperatura, la densidad de un fluido, la composición de un material, la resistencia de una estructura, la fluencia de una viga, etc. Las representaciones anteriores no son más que una forma de visualizar la incertidumbre en las mediciones que se realizan.

En otras áreas del conocimiento existen diversas expresiones de la incertidumbre, Van der Bles *et al.* (2019) diferenciaron diversos formatos para representar la incertidumbre. Otra forma de clasificar la incertidumbre, es la utilizada por el IPCC por sus siglas en inglés (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 para facilitar evaluaciones integrales del estado que guardan los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta (IPCC, 2010). El IPCC tiene una historia relativamente larga de explicar, pero en términos simples, da una guía a los usuarios de cómo deben expresar de manera efectiva diferentes formas de incertidumbre en sus informes y, recientemente, ha comenzado a incorporar estudios de las ciencias del comportamiento humano. En la actualidad, la incertidumbre en las evaluaciones del IPCC se comunica utilizando dos métricas que se muestran a continuación en la figura 5.



**Figura 5.** Formas de representar la incertidumbre en los informes. a) forma de expresar la incertidumbre y b) escala de confianza en la evidencia científica. Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC 2010. [https://wg1.ipcc.ch/docs/AR5\\_Uncertainty\\_Guidance\\_Note.pdf](https://wg1.ipcc.ch/docs/AR5_Uncertainty_Guidance_Note.pdf).

En el inciso *a* de la figura 5, se encuentran las medidas que cuantifican la incertidumbre directa, (o, como le llaman en el artículo, absoluta) se expresan en términos verbales y probabilísticos basados en análisis estadísticos de observaciones, modelos o juicio de expertos, correspondientes a categorización predefinida: virtualmente cierto, improbable, etc.

En el inciso *b* las incertidumbres indirectas (subyacentes) se expresan a través de una expresión cualitativa de confianza en relación a la validez de un hallazgo basado en el tipo, cantidad, calidad y consistencia de la evidencia (que puede incluir teoría, modelos y juicio experto). El nivel de confianza (*b*) se basa en la evidencia científica (robusta, media, limitada) y el acuerdo del grupo de trabajo (alto, medio-bajo). La solidez de la evidencia se mide por el grado de líneas consistentes e independientes (múltiples) de investigación de alta calidad.

Las conclusiones del trabajo anterior enmarcan los elementos a considerar para una aproximación al conocimiento de la incertidumbre epistémica.

Para finalizar esta sección se considera relevante mencionar que la incertidumbre es inherente a nuestro conocimiento. La forma en como reunimos el conocimiento está caracterizada por supuestos, limitaciones, extrapolaciones y generalizaciones que conllevan imprecisiones e incertidumbre acerca de los hechos, números e hipótesis científicas que explican el mundo a nuestro alrededor (Van der Bles *et al.*, 2019).

Los científicos tienen pleno conocimiento de que las incertidumbres alrededor de sus descubrimientos no son expuestas de forma clara al público en general. Esto conlleva costos altos, sobre todo en áreas críticas como lo es el sector salud y las políticas públicas en general. Las conferencias de prensa acerca de la pandemia de coronavirus, que el secretario de salud encabeza todos los días en nuestro país son muestra de ello. Para una persona con conocimientos de sistemas, sabrá que es imposible que se conozca de manera certera y detallada todos y cada uno de los casos de COVID-19 que se dan en el territorio nacional, así como el comportamiento exacto de la curva de contagios y las causas exactas de las personas que han perdido la vida. Una consecuencia de que la población en general no sea consciente de la existencia de incertidumbre dentro de los sistemas, como lo es el sector salud o el económico, combinado con el desconocimiento de las implicaciones estadísticas inherentes a los datos, generan escepticismo, lo que se relaciona con incompetencia en los cargos de alta dirección (National Academies Press, 2017).

Otro ejemplo de lo anterior correspondería a imaginar a un representante de la salud que declare en algún momento que *no está seguro* o *no sabe qué hacer* frente al problema. De igual forma un gobernante que exponga dudas acerca de la política económica. Estamos de acuerdo que, en el colectivo, generará una burbuja de incertidumbre que promoverá la destitución del servidor público o persona responsable. En este contexto, los médicos son reacios a comunicar la incertidumbre sobre la evidencia a los pacientes (Moore *et al.*, 2010) temiendo que la complejidad de la incertidumbre pueda abrumar y confundir a los mismos y a sus familiares, esto de acuerdo con el manuscrito: *Cómo comunicar la incertidumbre puede conducir a una menor satisfacción sobre las decisiones: ¿un costo necesario para involucrar a los pacientes en la toma de decisiones compartidas?* (Politi *et al.*, 2011).

Existen otras áreas del conocimiento que han encontrado la forma de medir la incertidumbre epistémica, sin embargo, englobará conceptos que no se abordarán en el presente trabajo, tales conceptos son: cognición, que tiene que ver con lo subjetivo acerca de cómo las personas perciben y entienden la incertidumbre. Las emociones, o cómo las personas entienden la incertidumbre y la confiabilidad, en otras palabras, el grado en que las personas confían en la información. Otros estudios muestran la relación de las personas con la confianza, la cual es asimétrica y lleva mucho tiempo forjarla, pero que por el contrario puede destruirse en un instante (Slovic, 1993). A nivel genérico, hay algunos aspectos casi universales de la cognición social humana que ayudan a las personas a determinar en quién y en qué información confiar. Dos de estas dimensiones básicas incluyen "competencia" y "calidez". El afecto y la cognición se fusionan aquí para establecer la confianza y así poder ser percibido como creíble, y concluyen que se requieren dos características para amalgamar el concepto de confianza. El primero, la experiencia llamada "fría", que representaría al conocimiento, y actúa como una motivación percibida para ser sincero, y la segunda llamada "veraz" que se refiere a la calidez, el cual es un concepto subjetivo orientado al sentimiento de confianza (Fiske, *et al.*, 2007).

En resumen, se puede distinguir entre dos tipos de incertidumbre: la incertidumbre epistémica sobre el estado pasado y presente del mundo que surge debido a lo que no sabemos pero que podríamos saber (en teoría), como, por ejemplo, incertidumbre debido a limitaciones de la muestra o metodología (Van der Bles *et al.*, 2019), y la incertidumbre sobre el futuro que surge pero que no podemos saber, es decir, la aleatoriedad, oportunidad o lo que no podemos saber con certeza qué sucederá mañana.

## 1.7 Educación Financiera

La educación financiera se define como todas aquellas acciones que nos permiten adquirir aptitudes, habilidades y conocimientos para el manejo y planeación de las finanzas personales, evaluar la oferta de productos y servicios financieros, así como para la toma de decisiones (ENIF, 2018). De acuerdo con la OCDE (2017) la educación financiera es el proceso por el cual los consumidores/inversionistas financieros, mejoran su comprensión de los productos financieros, los conceptos, los riesgos, y, a través de información, instrucción, y/o el asesoramiento objetivo, desarrollan habilidades y confianza para ser más conscientes de los riesgos y de las oportunidades financieras, para así tomar decisiones informadas, saber a dónde ir para obtener ayuda y ejercer cualquier acción eficaz para mejorar su bienestar económico. Sumado a lo anterior, el factor tiempo: corto, mediano y largo plazo. Ello permitirá identificar sus necesidades en cada etapa de su desarrollo personal y conforme a su contexto social particular (Comité de Educación Financiera, 2017).

Zhou *et al.*, (2019) analizaron el impacto de la educación financiera en las trabajadoras domésticas migrantes en Asia. Este grupo es usualmente excluido del país anfitrión de todas las prestaciones de ley, qué si gozan los nativos, y por tanto los trabajos que tratan el tema son escasos. Definen la educación financiera como la capacidad de emitir juicios informados



y tomar medidas efectivas con respecto al uso y la administración del dinero. Una definición condensada y más sencilla de comprender.

De acuerdo con la investigación empírica de Lusardi *et al.*, (2017) sabemos que la educación financiera se asocia con una mejor planificación para la jubilación y en un estudio posterior se prueba que también provoca mayores ganancias netas obtenidas de los ahorros.

Dentro del ámbito financiero la educación financiera se considera la piedra clave de la estabilidad del mercado financiero, esto debido a que la educación financiera puede mejorar el nivel de protección de los inversionistas. En un estudio realizado con información histórica del periodo 1994-2012, se descubrió que la calidad de los ingresos es mayor en países con mejor educación financiera, sin embargo, solo encontraron este efecto en los países que poseen una regulación más sólida que protege al inversionista (Sun *et al.*, 2019).

En los últimos años, México ha llevado a cabo políticas de inclusión financiera. En 2009 la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), realizó la primera medición del uso y acceso de los servicios financieros, por medio de información proveniente de reportes regulatorios que proporcionan las instituciones financieras. Este primer esfuerzo, registraba únicamente la perspectiva institucional, pero no la perspectiva de la población usuaria y no usuaria (INEGI, 2015).

En 2012 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) recibe el compromiso de apoyar en la realización de esta medición, y se determinó que, por primera vez, se realizara la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (ENIF) en 2012. Así la encuesta se volvió un instrumento básico para comparar las metas establecidas por el Consejo Nacional de Inclusión Financiera y así tener una referencia de los avances de las políticas implementadas.

En 2016 se publica la Política Nacional de Inclusión Financiera; el diagnóstico y los indicadores están fundamentados en los resultados de la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera que debe realizarse cada 3 años (INEGI, 2018).

En 2017 se publica la Estrategia Nacional de Educación Financiera, la cual integra tres componentes fundamentales para fomentar la creación y desarrollo de capacidades financieras, descritas brevemente a continuación:

- 1. Conocimientos financieros:** Se refiere a los conceptos y al proceso de aprendizaje que debe tener el individuo del sistema financiero.
- 2. Comportamientos y actitudes financieras:** Una vez que se tengan esos conceptos, incorporarlos a su vida diaria, así como también promover el sano aprovechamiento de las ventajas del sistema financiero, de manera que se genere una cultura de planeación financiera y de prevención de riesgos.
- 3. Relación con el sistema financiero y las instituciones:** Se refiere a la relación entre el usuario y las instituciones financieras, los mecanismos de protección al consumidor de servicios financieros y el conocimiento del marco legal vigente.

La Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (2018) se alimenta de diversas fuentes. Destaca que cada trienio se realiza en todo el territorio nacional y tiene como objetivos:

- Generar información estadística e indicadores que permitan hacer diagnósticos, diseñar políticas públicas y establecer metas en materia de inclusión y educación financiera.
- Proporcionar información con respecto al acceso y uso de servicios financieros.

La debilidad del mercado interno, la falta de consumo, así como la pérdida de productividad en el trabajo, el deterioro de las relaciones sociales entre compañeros, el alejamiento de la familia o de los amigos por deudas (ENIF, 2017), son solo algunas de las consecuencias de una mala administración de los recursos financieros, sumado a la incertidumbre inherente a toda actividad humana, es decir, un accidente, gastos inesperados, etc.

Por ejemplo, cuando se presentan tiempos inciertos, los prestamistas encuentran difícil distinguir los diferentes tipos de riesgo que existen, relacionados con el crédito que proporcionan. Derivado de lo anterior, los prestamistas dudan en prestar, lo que conducirá a una disminución de la inversión y, en consecuencia, a una contracción de la actividad económica (Mishkin, 1999).

Avery *et al.*, (1998) muestran cómo reaccionan los mercados de capitales bajo el efecto de la incertidumbre. Lo explican a través de tres dimensiones. Si los participantes del mercado poseen información privada sobre:

- (1) Una dimensión única de incertidumbre (el impacto de un shock en el valor del activo), los ajustes de precios evitan el comportamiento de rebaño<sup>8</sup>, esto es que los pequeños inversionistas imiten las acciones de los grandes inversionistas, en el entendido de que poseen información valiosa, y, por tanto, “deben seguirlos”, si es que quieren conservar su capital.
- (2) Segunda dimensión de incertidumbre (la existencia y el impacto de un shock), surge el comportamiento de rebaño, pero los precios no están necesariamente distorsionados.
- (3) Tercera dimensión de incertidumbre (la calidad de la información), surge el comportamiento de rebaño y puede causar precios erróneos a corto plazo.

La resolución parcial de este tipo de problemas, adicionalmente, impulsará a los individuos a una insatisfacción social generando pérdidas derivadas en: ausentismo laboral, aislamiento, estrés, depresión entre otras, pero no solo afectará al individuo o a su entorno familiar y social, sino que se esparcirá al sistema financiero en su totalidad afectando a restaurantes, tiendas de conveniencia y en general, a todas las actividades que dejará de realizar derivado de este comportamiento (Avery *et al.*, 1998). Un ejemplo recurrente, es el que se observa en el periodo de fin de año donde existe una tendencia de la población a gastar más de lo que

---

<sup>8</sup> El comportamiento de rebaño se refiere al fenómeno que existe cuando una cantidad de personas siguen a una multitud durante un período dado, a veces "incluso sin considerar información individual" (Banerjee 1992, 798).

tiene, generándose el fenómeno estacional de la “cuesta de enero”, periodo que se utiliza para liquidar deudas generadas por la temporada de fin de año.

La OCDE, el Banco Mundial, el G-20, el Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC, por sus siglas en inglés) y la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN, por sus siglas en inglés) han reconocido a la educación financiera como una necesidad de los países miembros, a través de la puesta en marcha de políticas públicas que disminuyan las brechas que existen entre los distintos niveles de educación.

Siendo el dinero un recurso escaso, al igual que el tiempo, es de vital importancia optimizarlos y así sacar el mayor provecho de los mismos (Martínez, 2020).

Intuitivamente también se puede pensar que disminuir la incertidumbre en todas las actividades en donde estos dos recursos escasos estén involucrados, traerá como resultado la disminución de los diversos problemas inicialmente mencionados.

En México, la familia, como unidad esencial de la sociedad, es la célula a la cual se le debe prestar atención para entender sistémicamente, los múltiples problemas del país. Uno de los mecanismos que generalmente se usa para resolver problemas financieros, y que se encuentra fuera de la familia, son las casas de empeño, que se dedican a proporcionar préstamos a cambio de algún bien. Dichas instituciones son ampliamente solicitadas para solventar todo tipo de imprevistos financieros producto de la incertidumbre, pero también es producto de la falta de inclusión al sistema financiero. Uno de los ejemplos más claros que ilustra lo anterior, se observa en el drástico crecimiento de estos establecimientos. De acuerdo con el INEGI, en 2016 existían alrededor de ocho mil establecimientos de este tipo, pero en 2017 ascendió a 10, 506.

Otro fenómeno que reporta la OCDE, pero que no necesariamente se ha observado en México, es el crecimiento que ha mostrado la región de Latinoamérica, en donde la clase media se ha incrementado y por consecuencia ha surgido la necesidad de administrar mejor los recursos excedentes derivados del mismo (OCDE, 2019).

Pero los beneficios de la educación financiera también se pueden extender a la economía en general. Todos los días las personas toman decisiones con respecto a su empresa o negocio, por lo que una de las hipótesis principales del presente trabajo consiste encontrar, si es que existe, la correlación entre tener educación financiera y la incertidumbre financiera en cada región de México.

Aun cuando se presuma tener educación financiera, no es suficiente, esto en correspondencia con la OCDE (2013) donde expone que la inclusión financiera y la protección al consumidor financiero convergen y logran armonía para lograr que la población participe y profundice en el sistema financiero nacional.

Para continuar construyendo este marco teórico, se han revisado estudios que a nivel internacional son reconocidos por ser confiables y que abordan temas tales como: baja alfabetización financiera, la exclusión financiera, tipos de financiamiento, envejecimiento de la población, endeudamiento, sobreendeudamiento y complejidad en el sistema financiero.

## 1.8 Exclusión Financiera

La exclusión financiera está definida como la ausencia que tienen las personas de cierta sociedad, al acceso y uso de servicios financieros formales, bajo una regulación apropiada que garantice esquemas de protección al consumidor y promueva la educación financiera. La educación financiera puede proporcionar a las personas el conocimiento de sus derechos y la comprensión de las obligaciones, lo cual constituye un complemento a la regulación de los mercados financieros (INEGI, 2018).

La inclusión financiera ha sido ampliamente estudiada y existen diversidad de temas de aplicación. Ramos (2017) analiza el papel de las sociedades cooperativas de ahorro y préstamo en la inclusión financiera en México, 2009-20015, dado que un porcentaje de la población no cuenta con servicios financieros formales. Dichas entidades pueden funcionar como “bancos” al proporcionar créditos y servicios de ahorro. En Europa, España es uno de los países con más estudios acerca de la inclusión financiera, los cuales se han enfocado en factores socioeconómicos subyacentes a la expansión de las sucursales bancarias. Al aplicar el análisis multivariado a una encuesta de 2015 realizada por la Cruz Roja en España sobre vulnerabilidad social, Fernández *et al.*, (2017) muestran una relación negativa entre el riesgo de exclusión social y la intensidad en el uso de los servicios de banca financiera. Se encontraron dos factores demográficos altamente significativos: tener un origen latinoamericano y tener un origen negro africano.

La inclusión financiera contempla la construcción de sucursales bancarias para llegar a la mayor cantidad de personas posibles, lo cual se considera esencial para lograr el objetivo (Burton, 2018; Corrado *et al.*, 2015). En el continente americano, los E.E.U.U lideran el estudio de la inclusión y la exclusión financiera (Fernández *et al.*, 2020).

Por ejemplo, Williams *et al.*, (2015) proponen que todos los estudiantes universitarios deben recibir educación financiera, para mejorar sus decisiones con respecto a su educación y su futuro, mientras que Aguila *et al.*, (2016) evalúan el efecto de poseer una cuenta bancaria, en la salud física y mental del individuo.

La cantidad de adultos no bancarizados en los países en desarrollo equivale al 72%, mientras que en los países desarrollados al 19% (Malakoutikhah, 2020). Las políticas públicas deben tener como objetivo principal incentivar a que la población sea incluida en el sistema financiero formal (FATF, 2017) ya que, sumado a lo anterior, se ha probado que la exclusión financiera tiene, como una de sus consecuencias, hacer menos efectiva la lucha contra el lavado de dinero a nivel internacional. Esto provocado por la gran cantidad de empresas e industrias que no están reguladas dentro del sistema financiero local.

Malakoutikhah (2020) menciona que existe una correlación negativa entre la exclusión financiera y el uso del sistema financiero informal, entendiéndose como aquel que no está regulado. Una de las consecuencias del aumento en la vigilancia de los sectores financieros formales es que los *hackers* o terroristas virtuales, pueden usar sistemas de transferencia de dinero en los mercados donde existen más empresas que no están incluidas en el sector

formal. Las regiones en donde más empresas se encuentran fuera de los sistemas regulados coinciden con los países en vías de desarrollo como México.

Para México, las remesas representan una de sus principales fuentes de ingreso. Son el sustento de una gran cantidad de familias y contribuyen al desarrollo regional al incrementar la capacidad de compra, mejorar las condiciones de la educación, propiciar la generación de empleos e incentivar la producción de bienes de consumo, comercio y venta (CONDUSEF<sup>9</sup>, 2020). El tipo de cambio y el aumento por la incertidumbre generado por la pandemia de COVID-19 provocarán un aumento en las remesas para este año (2020). Para el año 2019 la cifra ascendió a 36 mil 48 millones de dólares y ha superado los flujos de la Inversión Extranjera Directa y las Exportaciones petroleras (Banco de México, 2020).



**Gráfica 1.** Ingresos de México por remesas en millones de dólares, periodo enero de 2010 a marzo de 2020. Elaboración con datos del Banco de México, 2020. <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE81&locale=es>

Las remesas contribuyen a la supervivencia de alrededor de 700 millones de personas en todo el mundo y los países en desarrollo reciben anualmente una cifra por arriba de los 400 billones de dólares (Malakoutikhah, 2020), que representan la principal fuente de ingresos para alimentos, atención médica, vivienda y educación (Banco Mundial, 2015).

Sin embargo, grandes cantidades de este dinero no son reguladas por ninguna institución, lo que ha generado el conocido *Black Market Peso Exchange* (BMPE) o Mercado Negro de Cambio del Peso. El BMPE es una técnica de lavado de dinero, fundamentada en el comercio y usada comúnmente por narcotraficantes con sede en México y Colombia. Surge de la dificultad para transportar el dinero proveniente de los ingresos por la venta de drogas en los E.E.U.U., evitando que cruce las fronteras (Lane, 2018).

<sup>9</sup> Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros

En el mundo existen varios sistemas de transferencia de dinero poco supervisados y regulados, usados por las organizaciones criminales y estimulados por el incremento en la vigilancia de los sistemas financieros que si son regulados y formales.

Además del BMPE existen otros sistemas poco regulados en el mundo, como el *hawuala*, que es el más usado en el sur de Asia y Medio Oriente e incluso en Europa, el sistema *hundi* y el *feichen*, todos originados a principios de la década de los 90's del siglo XX y que son vulnerables al lavado de dinero (Cooper *et al.*, 2016).

Lo anterior resalta la importancia de regular los sistemas financieros, pero también de llevar a cabo conjuntamente una inclusión financiera a nivel nacional, como estrategia clave para debilitar a los grupos criminales en concordancia con los E.E. U.U., Colombia y Canadá. Pero principalmente con los E.E.U.U., ya que ambas economías están fuertemente conectadas por diversos canales como son el comercio, los bienes y servicios (Alam *et al.*, 2019).

La exclusión financiera no solo causa pobreza y menor crecimiento económico, sino que también es un aliciente para que los grupos criminales prosperen apoyándose en el sector financiero informal (Malakoutikhah, 2020).

No quiero finalizar esta sección sin incluir la visión de Dreze *et al.* (1991) en donde plantea que los servicios financieros deben convertirse en un derecho social y humano fundamentado en argumentos como, la falla asociada a los mercados y la dependencia de las personas a dichos mercados, inherentemente imperfectos.

## 1.9 Estado actual de la alfabetización financiera.

Tener una idea de los conocimientos que tiene la población sobre los temas financieros en su localidad o país, así como su comprensión y aplicación en la vida diaria, es un buen indicador de la alfabetización financiera, que una determinada localidad o población poseen (INEGI, 2018).

De acuerdo con el documento: La educación financiera en América Latina y el Caribe, publicado en 2013, por la OCDE, en general, en la región de América Latina, presenta una ignorancia generalizada de la población con respecto a conceptos básicos de finanzas tales como: inflación, tasa de interés, relación riesgo-rendimiento y sobre cómo funcionan los mercados financieros en general.

Para 2017 más de 70 países alrededor del mundo se encontraban en proceso de desarrollar o implementar estrategias nacionales de educación financiera, enfocadas principalmente en los sectores más jóvenes de la sociedad, principalmente niños y adolescentes, pero conscientes de la introducción cuidadosa del contenido en las escuelas, promoviendo a menudo un enfoque transversal que minimice la sobrecarga de los planes de estudio (OCDE, 2017; Frisancho, 2019). Frisancho (2019) encuentra que los programas de educación financiera para jóvenes, tienen un impacto considerable y sólido en el conocimiento y el comportamiento financiero, así como en las preferencias relacionadas y los rasgos de personalidad asociados con el comportamiento financiero. Su efecto sobre la educación

financiera es impresionante y tiende a duplicar el tamaño del efecto de las intervenciones educativas exitosas, destinadas a mejorar el rendimiento académico.

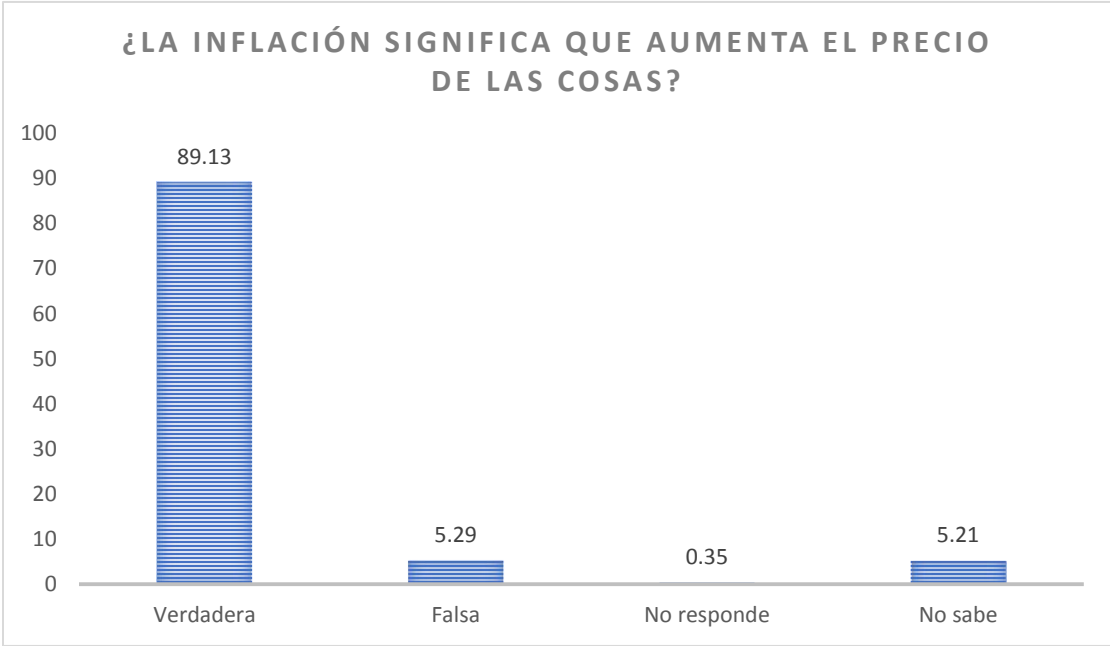
A pesar de la significativa expansión de la educación, las tasas de crecimiento educativo en México son relativamente bajas (Alcaraz, 2019). Algunas investigaciones empíricas, han documentado la correlación existente entre la escolaridad de los padres y los resultados educativos de sus hijos (Abuya *et al.*, 2017; INEGI, 2015). Alcaraz (2019), por ejemplo, revela que la educación de los padres aumenta significativamente la probabilidad de que los hijos progresen de un nivel de escolaridad, al próximo.

La brecha de género en la educación ha sido estudiada en diversas áreas. Sin embargo, en México, esa diferencia ha sido reducida a lo largo del siglo XX (Creighton *et al.*, 2010). El género en la educación financiera, presentará una gran relevancia al estudiar la muestra de la población. Una vez que se realicen los modelos *logit*, se encontrará que el género presenta un patrón constante al administrar los recursos financieros.

Los servicios financieros móviles, requieren que el usuario sepa: leer, escribir, utilizar un teléfono celular y administrar productos y servicios financieros con capacidad para elegir entre proveedores, por lo que la alfabetización financiera es un componente esencial para atender a los sectores tradicionalmente excluidos de este sector (Baeza *et al.*, 2009).

Para las instituciones financieras, la banca móvil es la inserción más profunda lograda en el mercado, en términos de servicios bancarios, de las últimas décadas (Leiva *et al.*, 2017). En este sector, como en muchos otros, las aplicaciones móviles y el Internet son el canal más efectivo para ofrecer productos y servicios bancarios a los clientes. Como consecuencia, somos testigos de un sector bancario cada vez más competitivo con clientes cada vez más exigentes, en parte, debido a la incertidumbre que se vive por la inseguridad que la personas tienen de los servicios financieros digitales (Shaikh *et al.*, 2015). Desde la aparición de la banca electrónica, los servicios de aplicaciones web, han ganado terreno rápidamente debido a la comodidad para realizar las transacciones y también, a la conveniencia de la misma, eso sin mencionar su bajo costo (Leiva *et al.*, 2017).

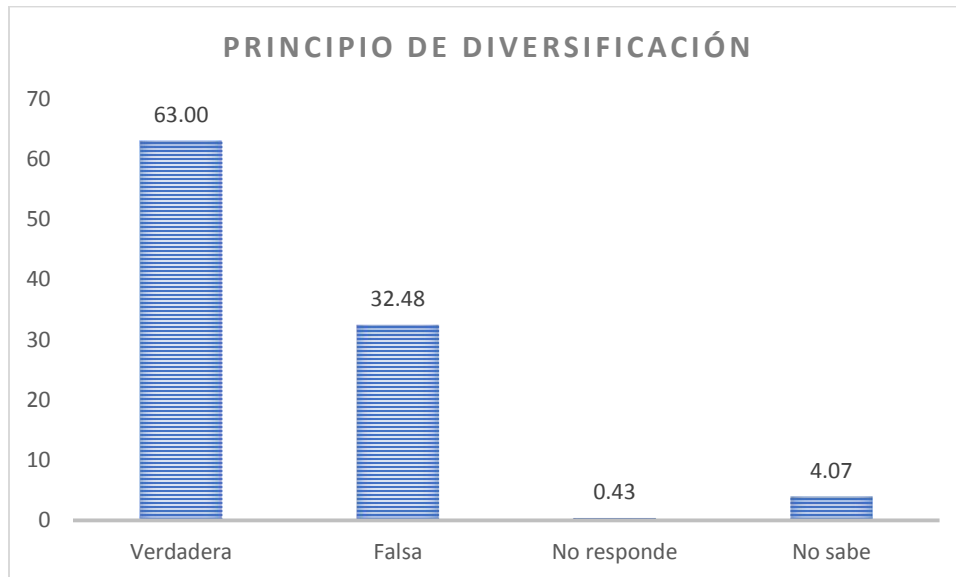
En la ENIF 2018 se establece que, para que una persona tenga educación financiera debe conocer algunos conceptos básicos, uno de ellos es la inflación. Para la gran mayoría de la población mexicana, el concepto de inflación está plenamente identificado, algo que sorprende, si se conoce el contexto nacional. En la ENIF 2018, el 90% de las personas afirmaron conocer el concepto de inflación (Gráfica 2).



**Gráfica 2.** La educación financiera contempla el manejo de conceptos como la inflación y la deflación. En la gráfica se observa que las personas entrevistadas en la ENIF, 2018 tienen conciencia del concepto de inflación. Elaboración con información de ENIF INEGI, 2018.

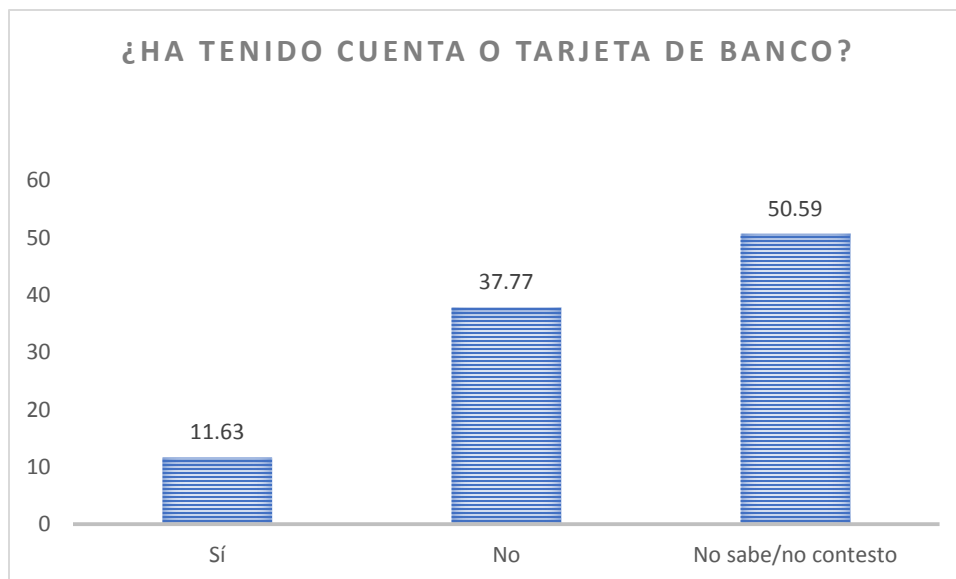
Otro de los conceptos incluidos, es el principio de diversificación, el cual es bien conocido en el área financiera, consiste básicamente en “no poner todos los huevos en la misma canasta”, es decir no ahorrar todo el dinero en un solo lugar, o no invertir todo en una sola empresa. En la encuesta antes mencionada, la mayoría de las personas contestaron que es mejor ahorrar el dinero en dos o más formas o lugares.





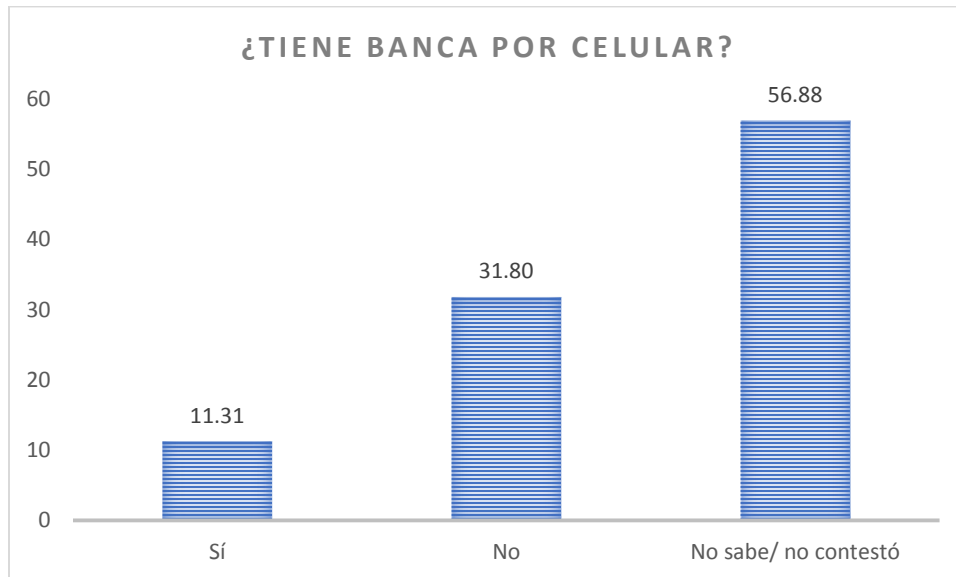
**Gráfica 3.** ¿Es mejor ahorrar el dinero en dos o más formas o lugares que en uno solo? (una cuenta de ahorro, una tanda, con familiares o conocidos, etcétera). Principio de diversificación. Elaboración con información de la ENIF INEGI, 2018.

Sin embargo, en el otro extremo existe información que se contrapone a lo anterior, como es el caso de las cuentas de banco o las tarjetas (débito/crédito). En este rubro solo 11% de las personas declararon tener o haber tenido alguna vez cuenta o tarjeta de algún banco, el 37% contestó que no, y el 50% no sabe, o no contestó (Gráfica 4).



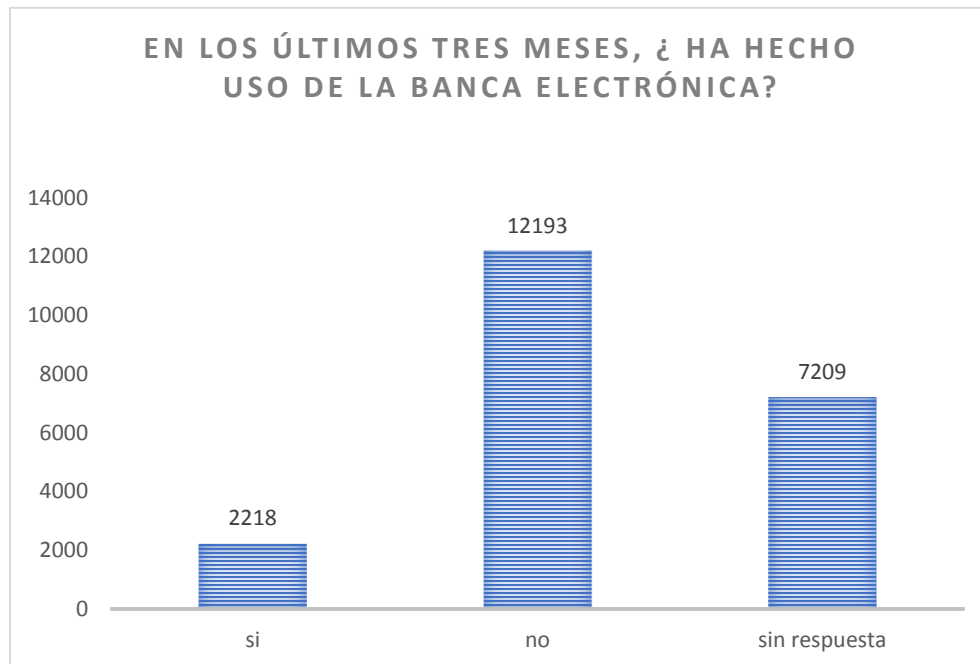
**Gráfica 4.** Porcentaje de personas que declararon tener o haber tenido una cuenta de banco. Elaboración con información de la ENIF INEGI 2018.

Como se mencionó anteriormente la banca por Internet, representa una enorme ventana de acceso a la población (Leiva *et al.*, 2017), ya que poseer un dispositivo electrónico de este tipo, brinda la oportunidad de acceder a servicios financieros a través de aplicaciones o de Internet. Sin embargo, la gran mayoría de las personas no maneja la banca en línea.



**Gráfica 5.** Porcentaje de persona con banca por celular. Elaboración con información de la ENIF INEGI, 2018.

La Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2019, confirma lo anterior, respecto al uso de la banca electrónica. Se encontró que la mayoría de las personas no usan este tipo de servicios y solo el 15% de los encuestados contestó de forma afirmativa.



**Gráfica 6.** Número de personas que han hecho uso de la banca por celular. Elaboración con información de la (ENDUTIH, 2019).

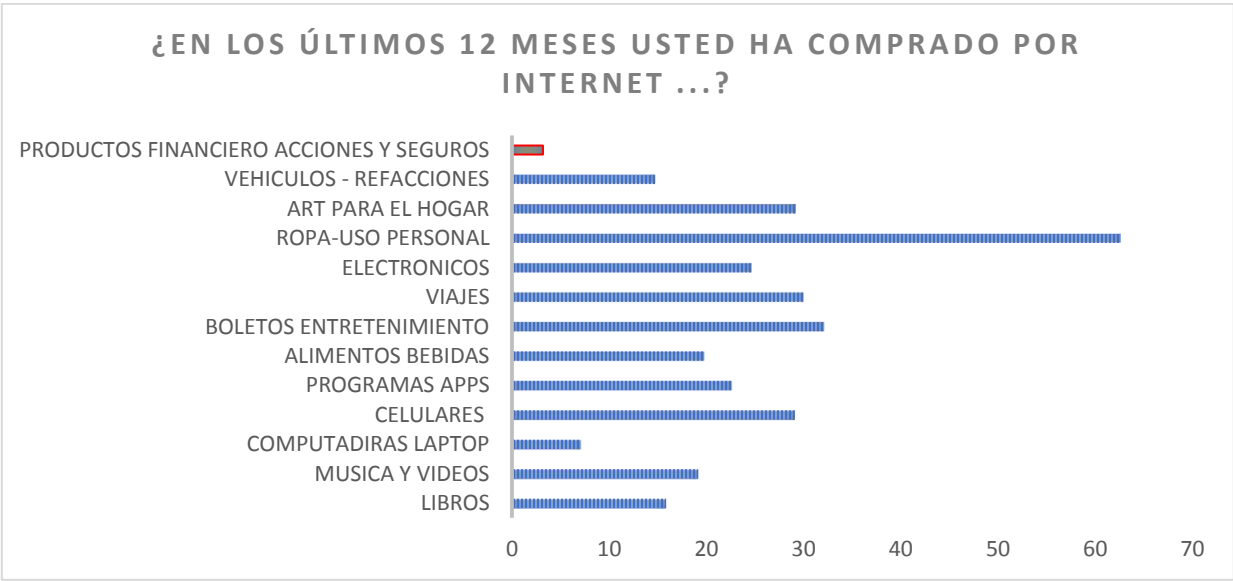
En general los usuarios difieren en cómo usan sus teléfonos inteligentes. Por ejemplo, en una investigación de Anshari *et al.*, (2016) se encontró que las aplicaciones más populares entre

los usuarios de Brunei eran en orden descendente, el servicio de mensajería instantánea, las redes sociales, los servicios recreativos y el aprendizaje en línea. Destaca que en este estudio no se encuentra el uso de servicios de banca móvil o el de servicios financieros vía remota, o algún tipo de servicio que ayude a mejorar las finanzas personales.

En México la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH, 2019), refiere que 9 de cada 10 usuarios de teléfono celular disponen de un celular inteligente (*smartphone*). La proporción de usuarios que sólo dispusieron de un *smartphone* tuvo un crecimiento de 23 puntos porcentuales entre 2015 y 2019, lo que implica que pasó de 65.1 a 88.1 por ciento.

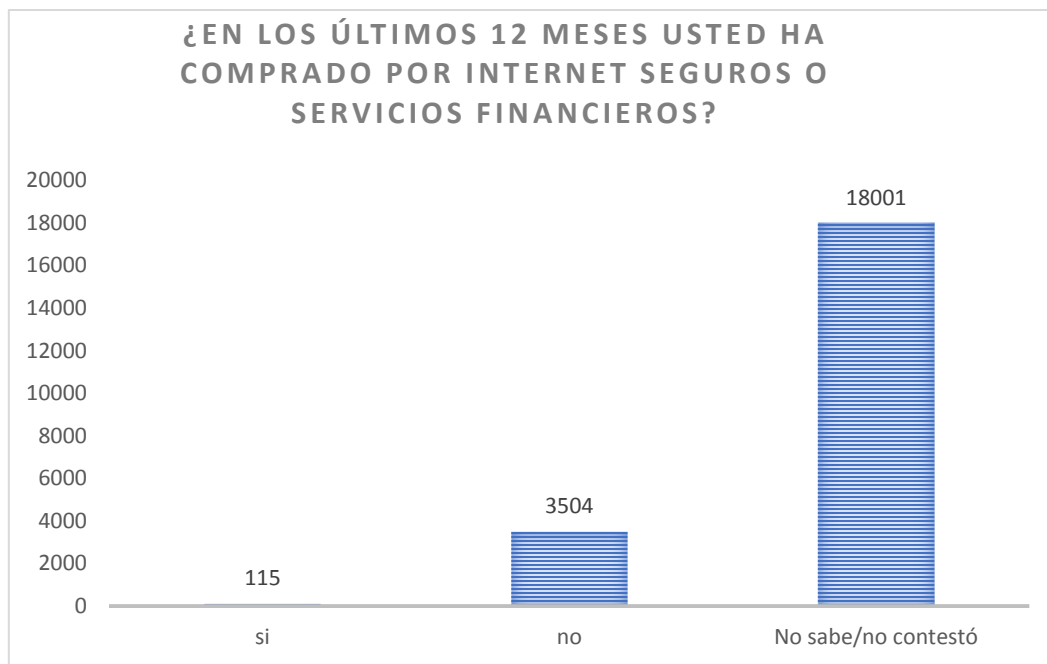
La encuesta arroja un dato relevante, y es que ha crecido el porcentaje de personas que no desean tener celular por razones de seguridad. Aunque el porcentaje continúa siendo bajo, éste creció de 4.9 por ciento en 2017 a 5.6 por ciento en el 2018 y a 6.7 en el 2019.

No obstante, los servicios financieros se ubican como la actividad menos realizada, de las trece que se han consultado. De los 21621 entrevistados solo 115 afirmaron haber comprado seguros o acciones por internet. Comprar acciones representa uno de los atributos de la inclusión financiera en la población estadounidense, y puede alcanzar cifras de alrededor de 60% de la población como se mencionó anteriormente.



**Gráfica 7.** Principales compras de los usuarios de internet. Elaborada con información de ENDUTIH 2019.

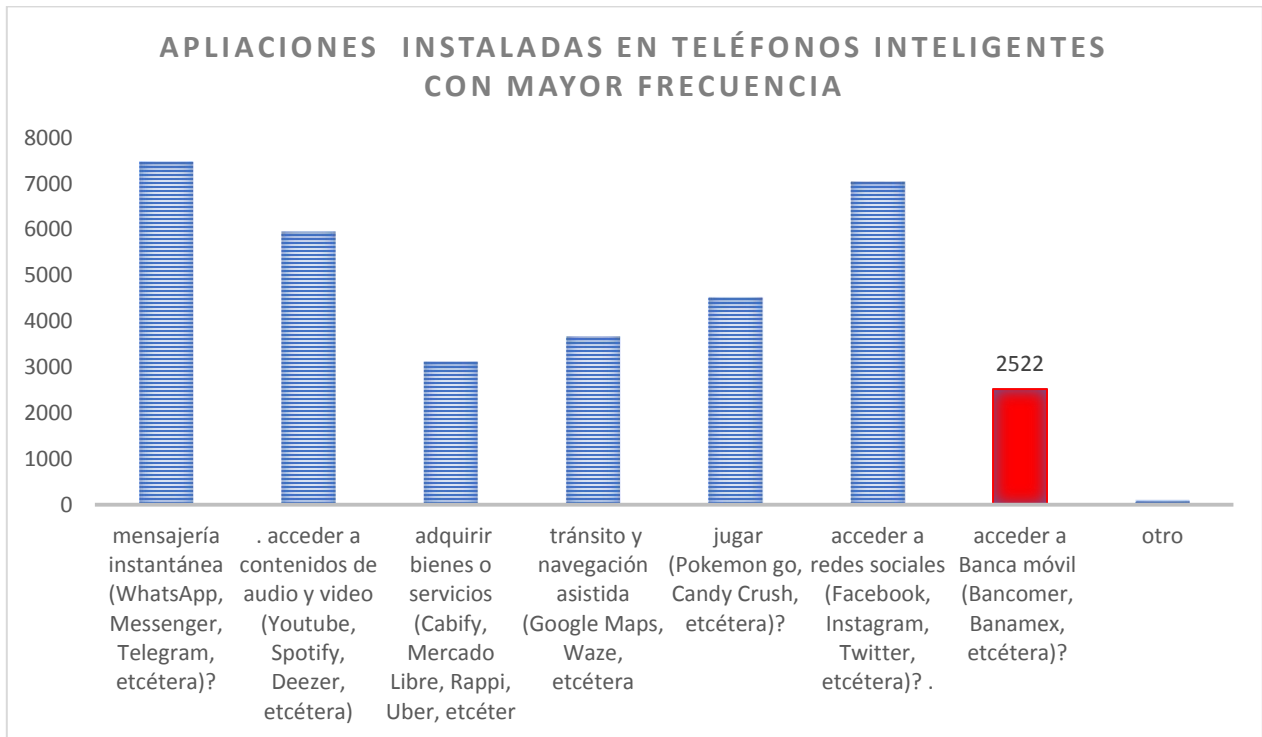
Otro de los datos importantes recopilados de la ENDUTIH 2019, es el que se observa en las gráficas 7 y 8. Se puede observar un patrón consistente de personas, a las que no les interesa adquirir servicios financieros o seguros por Internet, aun cuando se tenga el acceso y la facilidad para comprarlos. De la muestra de más de 20 mil personas, solo 115 afirmaron comprar seguros o servicios financieros en línea.



**Gráfica 8.** Cantidad de personas que compran servicios financieros o seguros por Internet. Elaboración propia con información de ENDUTIH 2019.

Las principales aplicaciones que una persona instala en su dispositivo electrónico, no siempre es un indicador confiable de la frecuencia con que se usan, lo anterior se confirma con la información de la gráfica 9, donde se ilustra el tipo de aplicaciones instaladas en teléfonos inteligentes. Aun cuando en los resultados anteriores, las personas no usaron servicios financieros por medio de Internet, por lo menos se puede decir, que sí instalaron su aplicación de banca móvil. Es evidente que las personas prefieren instalar aplicaciones de entretenimiento, como jugar, acceder e redes sociales, audio o video, mensajería instantánea o de tránsito asistido, que usar los servicios bancarios.

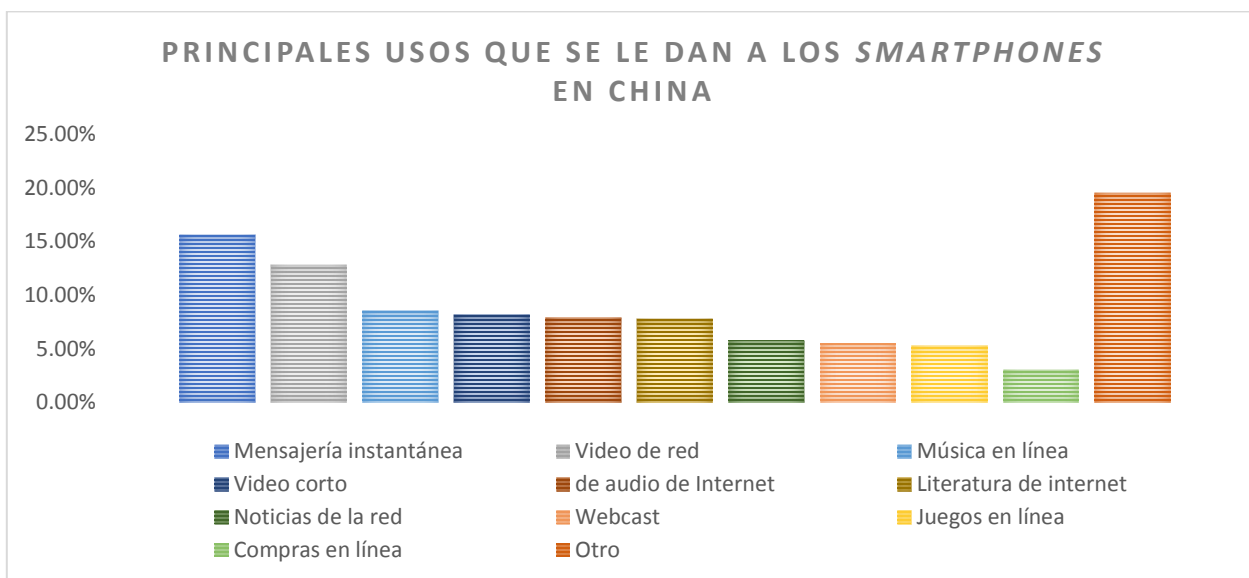
Acceder a la banca móvil, ocupó el último lugar en aplicaciones instaladas y para contextualizarlo, en seguida se compara con una encuesta de servicios digitales de China proveniente del Centro de Información de la Red de Internet de China (CNNIC, 2019).



**Gráfica 9.** Tipo de aplicaciones instaladas en los teléfonos inteligentes. Elaboración propia con información de ENDUTIH 2019.

Comparado con China, en donde cada año publican una encuesta del uso de Internet en la telefonía celular, los resultados no son muy distintos en lo que respecta al uso de las aplicaciones. Los datos sobre la duración que tuvieron las aplicaciones estudiadas en los *smartphones* de los usuarios, provienen de China Telecom cuyos indicadores están fundamentados en el número total de usuarios de teléfonos móviles de China Telecom publicado en noviembre de 2019.

De acuerdo con la encuesta publicada por el CNNIC en 2019, en el primer semestre de ese año, los servicios de mensajería instantánea, fueron las aplicaciones más utilizadas entre los usuarios chinos, seguida de los servicios recreativos: video, música en línea, noticias, literatura, video corto, juegos en línea, etc. No se especifica uso de servicios financieros.



**Gráfica 10.** Principal uso que se le da a los teléfonos celulares en China. Elaboración propia con información del 43° "Informe estadístico sobre el desarrollo de Internet en China" 2019. [http://www.cac.gov.cn/2019-02/28/c\\_1124175677.htm](http://www.cac.gov.cn/2019-02/28/c_1124175677.htm).

Lo anterior contribuye a enmarcar la importancia de la educación financiera y su relación con la posesión de dispositivos digitales, como los teléfonos celulares. En el lado positivo, también podemos encontrar trabajos en los que se encontró que los teléfonos inteligentes pueden mejorar la productividad de las personas y aumentar la eficiencia de los equipos de trabajo (Elhai *et al.*, 2018), en relación a la facilidad de revisar correos electrónicos con teléfonos inteligentes en cualquier momento y en cualquier lugar. Continuando con el lado positivo, los usuarios pueden formar diferentes hábitos y comportamientos con sus teléfonos inteligentes, mientras los usan o participan en actividades móviles (Anshari *et al.*, 2016).

Desde el punto de vista negativo, se invita al lector a observar el uso excesivo de los teléfonos celulares en su círculo social. Es evidente que muchas personas son fácilmente absorbidas por sus dispositivos electrónicos, lo que ha traído preocupación principalmente a los científicos. Recientemente se ha probado que el uso excesivo de teléfonos inteligentes tiene consecuencias negativas para los propios usuarios y sus interacciones sociales.

Para los propios usuarios, el uso excesivo de teléfonos inteligentes en un momento o lugar inapropiado genera problemas que amenazan la salud, como la mala calidad del sueño (Haripriya *et al.*, 2019), las graves consecuencias de la "ceguera desatendida", que exacerbaban el comportamiento riesgoso, al conducir un vehículo (Chen *et al.*, 2018) y como dejar pasar la interferencia que éste provoca en la atención y el aprendizaje de los alumnos en las aulas (Soomro, *et al.*, 2019; Yildiz, 2019). Lo anterior se documenta para resaltar, que poseer un *smartphone*, no necesariamente implica que se usará correctamente ni mucho menos para fines educativos.

## 1.10 Endeudamiento

El **crédito** es una operación financiera en la que una persona (*el acreedor*) realiza un préstamo por una cantidad determinada de dinero a otra persona (*el deudor*) y en la que éste último, se compromete a devolver la cantidad solicitada en un plazo previamente definido respetando las condiciones establecidas inicialmente para dicho préstamo (Wells Fargo Bank, 2020). Cuando una persona adquiere un préstamo se dice que se encuentra endeudada.

La incertidumbre asociada a entregarle dinero a una persona virtualmente desconocida, originó el cobro de un interés, es decir un porcentaje que se cobraba por prestar una cierta cantidad de dinero. En la antigüedad las reformas legales de la República romana (*Lex Genucia*, del 340 a. C.) prohibieron el interés, la usura y el cobro injusto de intereses, aunque su práctica era corriente en el período final de la República Romana. Bajo Julio César, época en la que el número de deudores llegó a ser muy alto, se impuso un tope máximo de interés del 12 %, tasa que en tiempos de Justiniano I bajó hasta una media de entre 4 y 8% (Bravo, 1998)

La calificación crediticia se ha refinado y es una de las preocupaciones más antiguas de los analistas (Óskarsdóttir *et al.*, 2019). En los últimos años se han desarrollado infinidad de técnicas para mejorar el desempeño estadístico de los modelos de calificación, con el fin de disminuir el riesgo de otorgarle un crédito a una persona que no lo puede pagar, sin embargo, medir la incertidumbre puede ayudar a mejorar estos sistemas.

De acuerdo con el reporte de Indicadores Básicos de las Tarjetas de Crédito (IBTC, 2020), emitido por el Banco de México, las tarjetas de crédito, constituyen uno de los principales canales de crédito al consumo y uno de los medios de pago más populares. Dependiendo de los requisitos, que cada una de las instituciones financieras establece, los usuarios de las tarjetas efectúan pagos de bienes y servicios sin sobrepasar la línea de crédito asignada. De ahí la importancia de estudiar los efectos positivos y negativos del crédito personal y de las micro, pequeñas y medianas empresas.

El funcionamiento del crédito comprende dos etapas, la etapa de otorgarlo, y al final de un plazo de facturación, comprendida regularmente por un mes, los tarjetahabientes deben pagar a la institución otorgante, al menos, el pago mínimo exigido para poder seguir usando su línea de crédito. El tarjetahabiente puede realizar un pago parcial, lo cual le generará un interés sobre la deuda original, pero si por el contrario se cubre la totalidad de la deuda, los tarjetahabientes no pagan intereses por el crédito recibido.

La CNBV en su reporte con Información del Sector de Banca Múltiple al cierre de agosto 2019, el crédito al consumo creció en términos reales en 3.1% alcanzando un saldo de \$1,075 (millones de pesos), lo cual equivale al 19.9% de la cartera total. Es importante destacar el crédito otorgado a través de tarjetas de crédito, el cual tuvo una participación de 38.5% dentro de la cartera de consumo y que representó un aumento anual de 2.5% en términos reales (CNBV, 2019).

Por otra parte, los créditos de nómina crecieron 6.3% y conformaron 24.3% de este portafolio con \$261(millones de pesos); mientras que los créditos personales alcanzaron un saldo de

\$215 (miles de millones de pesos), al registrar una disminución anual real de 2.8%, con una participación dentro de esta cartera de 20.0%. Con un monto de \$878 (millones de pesos), la cartera de crédito a la vivienda registró un incremento anual real de 7.8% y alcanzó una participación de 16.2% de la cartera total. El crédito otorgado al segmento de vivienda media y residencial, con una participación del 88.3% en la cartera de vivienda, presentó un crecimiento anual real de 9.3%. Por su parte, los créditos adquiridos al INFONAVIT o el FOVISSSTE disminuyeron 0.7% en términos reales, respecto a agosto de 2018 para ubicarse en \$90 (miles de millones de pesos) y conformaron 10.2% de este portafolio (CNBV, 2019).

Es importante conocer la estructura que conforma el crédito a nivel nacional, así como las principales características del mismo. Se observa un crecimiento en la deuda durante el último año, por lo que se propone la idea de que las personas van tomando confianza en las instituciones financieras para lograr sus objetivos financieros, pero también se puede estar relacionado únicamente con el aumento de la población.

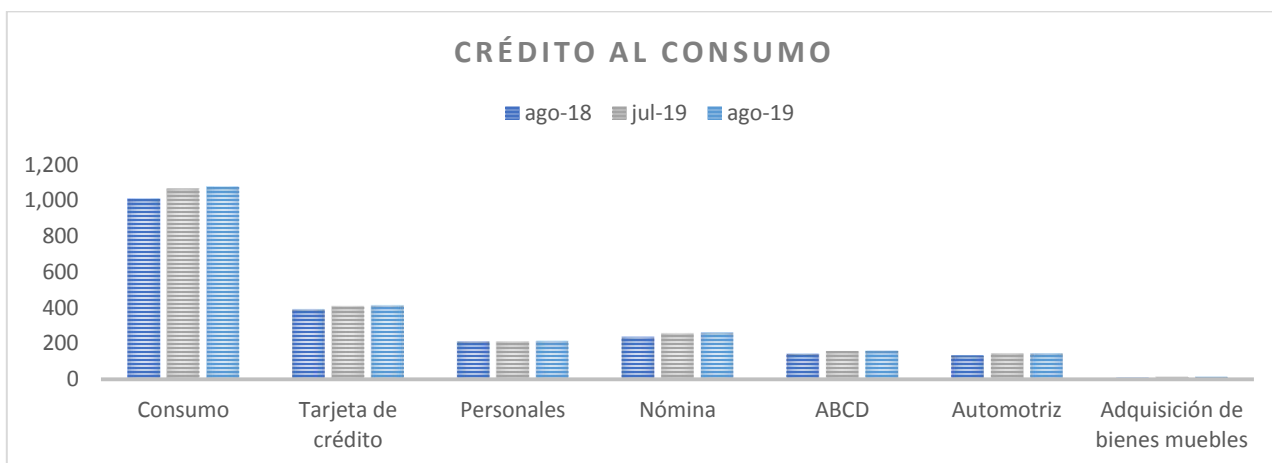
### Cartera de Crédito Total Banca Múltiple

Saldos nominales en mmdp <sup>10</sup>	Agosto 2018	Julio 2019	Agosto 2019	Variación real %	
				Anual	Mensual
Cartera de crédito total	<b>5,018</b>	<b>5,336</b>	<b>5,414</b>	<b>4.6</b>	1.5
<b>Créditos comerciales</b>	3,218	3,399	3,461	4.2	<b>1.8</b>
<b>Empresas</b>	2,461	2,675	2,728	7.5	<b>2.0</b>
<b>Entidades financieras</b>	211	204	205	-5.8	<b>0.4</b>
<b>Entidades gubernamentales</b>	546	519	527	-6.4	<b>1.6</b>
<b>Créditos al gobierno federal o con su garantía</b>	29	30	30	-1.3	<b>-0.6</b>
<b>Créditos a estados y municipios o con su garantía</b>	307	289	292	-7.9	<b>1.3</b>
<b>Créditos a organismos descentralizados o desconcentrados</b>	44	42	47	4.3	<b>13.3</b>
<b>Créditos a empresas productivas del estado</b>	166	160	159	-7.3	<b>-0.5</b>
<b>Consumo</b>	1,010	1,066	1,075	3.1	<b>0.8</b>
<b>Tarjeta de crédito</b>	392	411	414	2.5	<b>0.8</b>
<b>Personales</b>	214	214	215	-2.8	<b>0.5</b>
<b>Nómina</b>	238	259	261	6.3	<b>1.0</b>
<b>ABCD</b>	145	160	161	7.7	<b>0.8</b>
<b>Automotriz</b>	134	147	148	7.0	<b>0.7</b>
<b>Adquisición de bienes muebles</b>	12	14	14	16.3	<b>1.9</b>
<b>Operaciones de arrendamiento capitalizable</b>	0	0	0	4.5	<b>-0.1</b>
<b>Otros créditos de consumo</b>	21	23	23	7.2	<b>1.2</b>
<b>Vivienda</b>	789	871	878	7.8	<b>0.8</b>
<b>Media y residencial</b>	688	767	775	9.3	<b>1.2</b>
<b>De interés social</b>	10	9	8	-16.1	<b>-1.3</b>
<b>Créditos adquiridos al INFONAVIT o el FOVISSSTE</b>	88	91	90	-0.7	<b>-1.4</b>
<b>Garantizados por la Banca de Desarrollo o Fideicomisos Públicos</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>-0.5</b>	<b>-8.2</b>

Tabla 1. Cartera de crédito de banca múltiple. Elaboración propia con información de la CNVB, 2019.

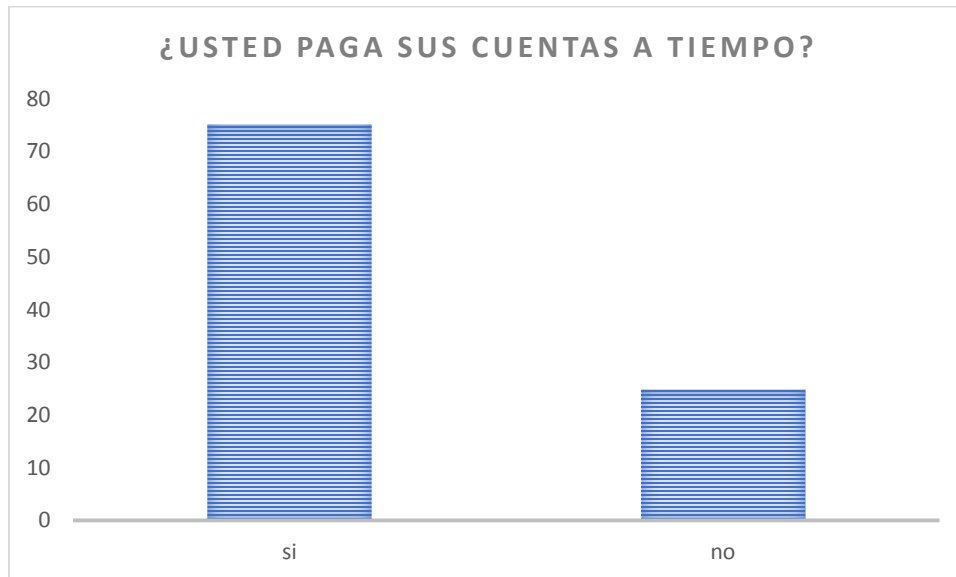
<sup>10</sup> mmdp: miles de millones de pesos.





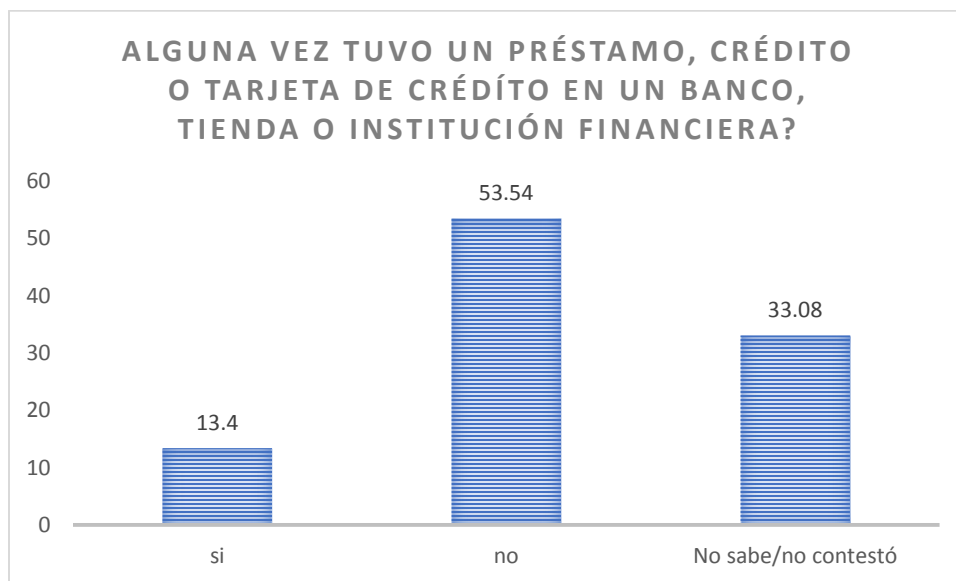
**Gráfica 11.** Evolución de la cartera de crédito al consumo otorgado por la banca múltiple consolidada. Elaboración propia con información de la CNVB 2019.

La cartera de crédito comercial mostró un crecimiento real de 4.2% respecto al mismo mes del año previo y representa el 63.9% de la cartera total, alcanzando un saldo de \$3,461 mmdp. La cartera empresarial, con un saldo de \$2,728 mmdp, conformó a su vez 78.8% del crédito comercial, después de registrar un crecimiento anual de 7.5% en términos reales. Por otra parte, el crédito a entidades gubernamentales, con una participación de 15.2% de la cartera comercial, registró una disminución real anual de 6.4% y un saldo de \$527 mmdp; mientras que el crédito a entidades financieras disminuyó en 5.8% -en términos reales- hasta un saldo de \$205 mmdp, equivalente a 5.9% de la cartera comercial. El 83.7% del financiamiento empresarial estuvo integrado por el crédito a grandes empresas y fideicomisos, presentando una tasa de crecimiento anual real de 9.7%. Por su parte, los créditos a las micro, pequeñas y medianas empresas concentraron 16.3% de esta cartera, registrando un descenso anual de 2.7% en términos reales (CNBV, 2019). Nuevamente la ENIF (2018) presenta una idea del comportamiento de las finanzas a nivel individual en el país. EL 75% de las personas afirmaron que son puntuales en el pago de sus deudas.



**Gráfica 12.** Elaboración propia con información de ENIF-INEGI 2019.

Mientras que solo 13 por ciento de las personas encuestadas, afirmó haber tenido un crédito o tarjeta de crédito de un banco, tienda o institución financiera.



**Gráfica 13.** Elaboración propia con información de ENIF-INEGI, 2019.

Por otro lado, y conforme a la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro Pequeñas y Medianas Empresas, ENAPROCE (2018) el 97% de las Micro Pequeñas y Medianas Empresas (MIPyMES) corresponde a micro empresas con características predominantemente comunitarias y/o familiares. Dichas empresas perciben de forma negativa para sus finanzas, solicitar un crédito para ampliar su negocio. Esto se refleja claramente en las cifras, donde el 73% de los encuestados no tomaría un crédito bancario si tuviese la oportunidad de obtenerlo. Se exponen las razones por las cuales no tomarían este crédito. En primer lugar, consideraron que obtener un crédito es caro (58%), no lo necesita

(20%) y 14% no tienen confianza en los bancos. También es importante destacar que el 92% de los encuestados no tiene acceso a un crédito (ENAPROCE, 2018).

Investigar la relación que existe entre la inversión y la toma de nuestras decisiones financieras es un tema importante a considerar. Vincular la incertidumbre de la información con las decisiones financieras corporativas, así como examinar la incertidumbre de la información con respecto a la inversión, es objeto de estudios recientes enfocados en las finanzas corporativas (Hwa Sung, 2020).

Tener la información, no es suficiente, y se debe de llevar a cabo un análisis minucioso para reducir los riesgos y conocer la incertidumbre en las grandes corporaciones y en los mercados de capital. Hwa Sung (2020) encontró que la incertidumbre de la información hace que los titulares de la deuda, la valoren menos que los accionistas. También encontró que la incertidumbre de la información influye en las decisiones de invertir el dinero. Hwa Sung también afirma que la incertidumbre de la información juega un papel mitigante en los conflictos entre el accionista y el titular de las decisiones de inversión<sup>11</sup>. Calculó y encontró, que los costos de la incertidumbre de la información aumentan considerablemente con el nivel de ruido de la misma. Examinar la interacción que existe entre las decisiones que se toman con respecto a gastar o invertir, y el financiamiento de la deuda, es un tema importante y variable de análisis, del presente trabajo.

---

<sup>11</sup> El accionista es una persona que posee acciones y como tal es propietario de una parte de la compañía, responde al devenir de la empresa. El titular de las decisiones de inversión es el encargado de analizar en donde se debe invertir para maximizar los rendimientos.

## 1.11 Mercados Eficientes

La Hipótesis de Mercado Eficiente (EMH por sus siglas en inglés) en donde Fama (1965) en su trabajo titulado “*Efficient Capital Markets: a Review of Theory and Empirical Work*”, establece que, si toda la información disponible en el pasado puede reflejarse en el precio de las acciones, el mercado es **eficiente**. De esta manera, el precio de las acciones seguiría un comportamiento aleatorio y es impredecible. Dicho estudio es la base de muchas investigaciones financieras en la actualidad. No obstante, se ha documentado que la EMH no puede establecerse del todo en el mercado real, lo que implica que el precio de las acciones tiene un cierto grado de predictibilidad.

Fama (1965) se da cuenta de que los mercados varían en concordancia con la información que reciben. Por ejemplo, si se recibe información que actualmente no está reflejada en el precio de algún instrumento financiero en particular, y esta información estimula el aumento de ese valor en el futuro, entonces los interesados comprarán ese valor, provocando el aumento del precio. El precio subirá hasta que éste refleje completamente esta nueva información.

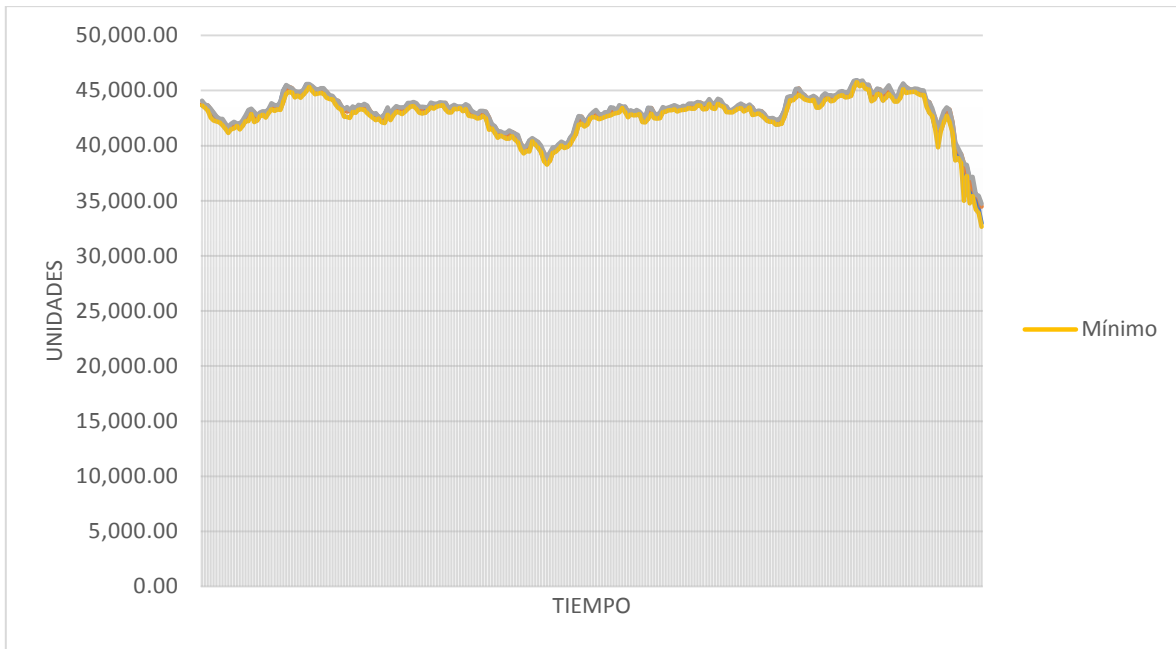
Supongamos que antes del 1 de enero usted tiene información de que el Coronavirus (OMS, 2020) causará grandes estragos en la economía mundial. El precio por acción de una farmacéutica con capacidad de producir insumos médicos necesarios para enfrentar la futura crisis es de \$5. Por lo cual usted toma la decisión de rediseñar su portafolio de inversión y decide comprar acciones de esta farmacéutica. Suponiendo que tuvo acceso a información confiable y confidencial, en donde se sabe que el precio subirá hasta \$10 en un plazo no mayor a un mes, y suponiendo que usted aprovecha esa información, provocará un efecto en donde se observará como el precio de las acciones súbitamente se colocan en el nuevo precio, es decir \$10. Esto refleja como la búsqueda de información útil es, para todo inversionista, la piedra clave para la toma de decisiones, antes que el resto de los mercados. Encontrar nueva información no reflejada en los precios actuales, está ligado a la generación de valor de una empresa o ente financiero.

Conforme a lo que Infobae<sup>12</sup> revista electrónica, reportó en 2019, una compañía de internet (Freelancer, 2019) analizó el comportamiento de contratación de más de 38 millones de empresas en 247 países y descubrió que los trabajos en línea más solicitados del mundo son los analistas de datos y los asistentes virtuales. La demanda de analistas de datos, indica que las empresas están buscando personal altamente especializados para obtener información útil en la toma de decisiones, aumentar las ganancias, mejorar operaciones y tener ventajas competitivas, principalmente, en los mercados emergentes. No es de extrañar que el recurso por excelencia de las próximas décadas estará relacionado a la generación y manejo de la información que se genera, producto de toda actividad humana, incorporándola a los mercados financieros y llevándolos de forma natural a ser cada vez más eficientes, aunado a

---

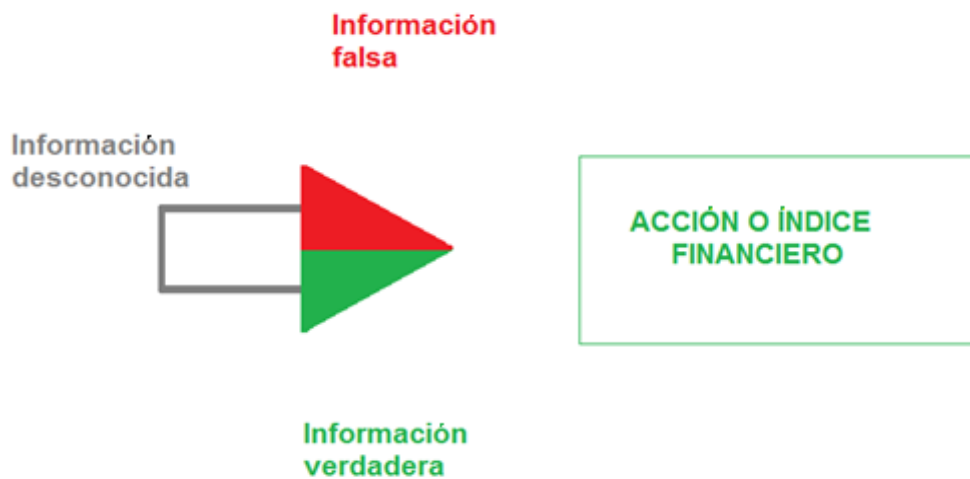
<sup>12</sup> Estos son los empleos on line con mayor demanda. Freelancer 2019. Consultado el 23 de marzo de 2020. <https://www.infobae.com/america/tecno/2019/10/24/estos-son-los-empleos-on-line-con-mayor-demanda/>

esto, los analistas de información se harán más necesarios en todos los campos del conocimiento.



**Gráfica 14.** Información contenida en el sistema financiero mexicano. Elaboración propia con información de la BMV.

La Bolsa Mexicana de Valores (BMV), así como cualquier activo e índice bursátil, reflejan todo tipo de información, nacional e internacional en su grafica de comportamiento histórico. Naturalmente el sistema financiero mexicano, no pertenece a los mercados eficientes, debido principalmente, a la falta de transparencia en la información y a la ausencia de regulación en el sector, por lo que ésta gráfica no está dando un panorama completo del sistema. La especulación de un activo traerá ganancias de forma temporal, para aquellos que difundan información inexacta, aunque de forma automática volverá al precio de mercado.



**Figura 6.** Información en los mercados eficientes.

Los mercados eficientes proveen a todos los participantes<sup>13</sup> la misma información. la cual se refleja en los precios del mercado. Fama (1965) establece tres diferentes tipos de eficiencia:

- Eficiencia débil
- Eficiencia semi-fuerte
- Eficiencia fuerte

Fama (1965) consideró que las siguientes serían las condiciones suficientes, pero no necesarias, para la eficiencia de un mercado de capitales:

1. No deben existir costos de negociación de los valores. Esta condición se refiere a que el costo de adquisición de la información y negociación sea cero.
2. Toda la información existente debe estar reflejada en los precios.
3. Se entiende que, si los precios reflejan los valores reales, entonces habrá “racionalidad del mercado”.
4. Todos deben estar de acuerdo en las implicaciones de la actual información para el precio actual y en las distribuciones de los precios futuros de cada valor.

De acuerdo con la literatura, la comunidad involucrada está conforme con que la eficiencia semi-fuerte y la eficiencia fuerte son casi imposibles de encontrar incluso en los mercados altamente capitalizados (Sánchez *et al.*, 2020). La teoría de los mercados eficientes ha sido muy cuestionada ya que se considera restrictiva. La conclusión de Cajueiro *et al.*, (2005) es que los mercados asiáticos son más eficientes que los Latinoamericanos con excepción de México.

Kristoufek *et al.*, (2014) encontró con su método basado en la memoria a largo plazo, memoria a corto plazo y medidas de dimensión fractal, aplicado a 41 índices bursátiles entre 2000 y 2011, que el índice NIKKEI es el mercado más eficiente, mientras que los menos eficientes se encuentran en Latinoamérica; Venezuela IBC y el índice de Perú IGRA. En Asia y Oceanía los mercados menos eficientes son Malasia KLSE y Sri Lanka CSE. Mientras que en Europa Slovakian, SAX es el mercado menos eficiente.

Ferreira *et al.*, (2018) estudiaron la eficiencia de 12 mercados en África en el periodo de 2004 a 2016, usando el exponente de Hurst, que evalúa la dependencia serial, los compararon con los mercados de E.E.U.U. Japón y Reino Unido y determinaron la existencia de una relación estadísticamente significativa.

Para terminar este capítulo se retoma un documento redactado por Ardalan (2018), quien acuña un término poco común llamado neurofinanzas. En el cual desarrolla las implicaciones de las neurofinanzas con respecto a la hipótesis de los mercados eficientes. Establece que el pensamiento es un proceso cognitivo comparativamente laborioso, biológica y neurológicamente costoso. Y argumenta que las personas equilibran los costos y beneficios del pensamiento, demostrando matemáticamente que tal equilibrio hace que los mercados financieros sean ineficientes. En otras palabras, las neurofinanzas intentan abrir la caja negra

---

<sup>13</sup> Instituciones financieras (Bancos, cajas de ahorros), Sociedades de valores, Inversionistas de instituciones y particulares, Sociedades y fondos de inversión, Gobiernos, Entidades internacionales como: FMI, Banco Mundial etc.

del cerebro humano para comprender los procesos fisiológicos que tienen lugar cuando las personas toman decisiones financieras.

Uno de los puntos interesante que plantea Ardalan (2018) con respecto a la toma de decisiones está relacionado al costo de pensar. Manifiesta que el proceso de pensar tiene un costo. Es decir, cuando tenemos que tomar una decisión difícil, existirán muchas alternativas con muchas variables posibles y muchos escenarios posibles, la toma de decisiones se vuelve “costosa”, se invertirá más tiempo en analizar las alternativas y tal vez dinero u otros recursos para tomar la mejor decisión posible. Este proceso en donde las personas realizan comparaciones y contrastan los costos y beneficios de pensar, en un problema particular para tomar una decisión, es evaluado por el cerebro como “costoso”. Derivado de lo anterior cuando pensar se vuelve costoso, la mayoría, si no es que todos los individuos, tienden a aplicar menos pensamiento, que cuando pensar no es tan costoso. Lo anterior es congruente con la Ley de la conservación de la energía, que establece que todos los cuerpos tienden a permanecer en su estado de menor energía.

## 1.12 Conclusiones

En este capítulo se reúne la información más relevante de acuerdo con diversas fuentes consultadas, relacionadas con el estudio de las finanzas domésticas y su interacción en los sistemas financieros. México presenta un rezago importante con respecto a los países que forman parte de la OCDE, tanto en educación financiera como en inclusión financiera, y que coincide, por ejemplo, con Sun *et al.*, (2019) quienes realizaron un estudio, con información histórica del periodo 1994-2012, en donde encontraron que la calidad de los ingresos es mayor en países con mejor educación financiera.

Este efecto fue observado únicamente en los países que poseen una regulación más sólida y que protegen al inversionista, dentro de los cuales México se encuentra excluido. La inclusión financiera en nuestro país está lejos de alcanzar los niveles promedio de la OCDE y aún más alejada de los países que lideran esa lista. De acuerdo con el Banco Mundial (2020), el 75% de la población en pobreza, no posee una cuenta bancaria y más de 2500 millones de personas no utilizan servicios financieros formales, también refiere que la inclusión financiera reduce la pobreza e impulsa la prosperidad<sup>14</sup>, así como también se ha determinado como factor que propicia 7, de los 17 objetivos de Desarrollo Sostenible (figura 7).



**Figura 7.** Objetivos de desarrollo sostenible Banco Mundial (2020).

De acuerdo con el Banco Mundial: “La tecnología financiera digital, y en particular el aumento del uso de teléfonos móviles a nivel mundial, han facilitado el acceso de las pequeñas empresas y poblaciones difíciles de alcanzar, a servicios financieros a un costo más bajo y con menos riesgo”.

<sup>14</sup> OMS, 2020. El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/topic/financiamiento/overview>



Pero si observamos las gráficas 6, 7, 9 y 10, el hecho de poseer un teléfono móvil no implica que las personas tendrán acceso a los servicios financieros, concluyen estudios realizados en México y en China (Informe estadístico sobre el desarrollo de Internet en China, 2019; ENDUTIH, 2019) ni mucho menos que los utilicen para mejorar su calidad de vida, ya que los principales usos que se le dan a estos dispositivos, se reducen al uso de la mensajería y el entretenimiento. Esto resalta la importancia de encontrar las variables que puedan estar correlacionadas a la falta de educación e inclusión financiera.

Por otro lado, se aborda el concepto de incertidumbre. El miedo es el nombre que damos a nuestra incertidumbre: “a nuestra ignorancia con respecto a la amenaza y a lo que hay que hacer, a lo que puede y no puede hacerse, para detenerla en seco, o para combatirla, si pararla es algo que está más allá de nuestro alcance”<sup>15</sup>.

Por otro lado, Spinoza (1670) consideran que “el miedo es lo que mueve a los hombres, y que, si todos los asuntos del hombre se condujeran con un criterio firme, o si la fortuna siempre les fuera favorable, nunca serían víctimas de la superstición”. Por otro lado, Bedoya *et al.*, (2016) encontraron que la aparición de enfermedades, la pérdida de la creatividad y de la innovación, así como la disminución de la productividad, son efectos que el miedo provoca en los trabajadores y en las organizaciones donde éste se presenta por lo que reducir el *miedo* (la *incertidumbre*) que las personas perciben de su entorno cobra importancia.

Desde este punto de vista, y ubicándonos en la situación actual, encontramos a los medios masivos de comunicación, incluyendo aquellos que están en función de la recolección de datos, quienes de forma insaciable se nutren de la difusión de información, relacionada principalmente con el consumo y el mercantilismo, por ejemplo de, muertes, crímenes, homicidios, noticias falsas, genocidios, guerras, hambrunas y todo tipo de noticias, que trastocan los sentimientos más profundos y primitivos del ser humano, incluso llevándolos a crear conceptos totalmente opuestos a las razones más elementales que las diversas ciencias, con tanto esfuerzo, han construido a lo largo del último siglo, como las organizaciones en contra de las vacunas y la reaparición en la escena mundial de los grupos neofascistas.

Así los medios de comunicación se han convertido en uno de los principales aliados del consumo del miedo (incertidumbre) y del terror, en imágenes, fotografías, sonidos y videos impulsados también por las nuevas tecnologías, contrario a todo lo esperado por los científicos quienes vislumbraban que, al existir más información y más difusión de la misma, la desinformación, la incertidumbre y sus efectos decaerían, fenómeno que por lo menos hasta ahora, y en opinión del autor, no se ha presentado como dominante en la tendencia informativa.

De lo anterior se desprende la importancia de estudiar a fondo el fenómeno de la incertidumbre financiera en los hogares, poco abordado y olvidado por los tres niveles de gobierno durante mucho tiempo, ¿cuáles pueden ser las variables correlacionadas a la ausencia de educación e inclusión financiera?, así como también, conocer a nivel nacional

---

<sup>15</sup> Bauman, Zygmunt, *Miedo líquido. La sociedad contemporánea y sus temores*, Paidós, Barcelona, 2007.

las regiones en donde pueda existir mayor incertidumbre y así contribuir al entendimiento de este problema y coadyuvar en la disminución de las desigualdades en este rubro, de forma más precisa y eficiente. Afortunadamente el entorno nacional ha visto cambios a partir de las leyes promulgadas en 2011, con la primera Encuesta Nacional de Inclusión Financiera en 2013 y la promoción a nivel nacional de políticas públicas impulsadas también por acuerdos internacionales.

La necesidad de contextualizar de mejor forma el grado de incertidumbre, permitirá conocer el origen y los efectos que pueden causar en los sistemas, ya sean técnicos o no. La medición de la incertidumbre buena o positiva nos puede señalar el nivel de transparencia y honestidad que existe en algún sistema en particular, ente o comunicador que permita aumentar la confianza en ellos. Pero no solo de este tipo de emisores de información, sino también, de los sistemas que nos rodean.

Cengel Y. (2015) resalta la importancia de medir la entropía en los sistemas no técnicos. La entropía se asocia con la incertidumbre en los sistemas, como se verá a en el siguiente capítulo.



## 2. CAPÍTULO II: LA ENTROPÍA

*El tiempo corre en una dirección específica, de donde hay más entropía, es decir más energía excedente y libre, hacia donde hay menos entropía, menos energía excedente y libre. Por lo tanto, la estabilidad en el universo depende de la entropía para la correcta distribución de la materia y la energía en él. Así la entropía se encuentra en todo nuestro alrededor porque es lo que le da dirección a la evolución de los sistemas.*

*Cengel Y.*

## 2.1 Introducción

El concepto de entropía proviene del trabajo de Sadi Carnot (1824) publicado en su libro *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia*, en el cual expuso por primera vez los dos primeros principios de la Termodinámica. Nicolás Léonard Sadi Carnot (1796 - 1832) fue hijo de Lazare Carnot, conocido como el Gran Carnot, y tío de Marie François Sadi Carnot, que llegó a ser Presidente de la República Francesa. Sadi Carnot fue un ingeniero y oficial de la milicia francesa y es el pionero y fundador en el estudio de la Termodinámica.

Este trabajo poco comprendido fue más tarde conocido por Clausius (1822-1888) y después difundido en Inglaterra por Lord Kelvin (1824-1907), quienes posteriormente desarrollaron las bases matemáticas de la Termodinámica.

El trabajo de Carnot habla de cuáles son los factores que permiten determinar el máximo rendimiento de una máquina térmica, en función de las temperaturas de su fuente caliente y de su fuente fría, también nos dice que los sistemas se pueden clasificar en cerrados y abiertos, los abiertos intercambian calor, trabajo, con su entorno; mientras que el segundo permanece aislado.

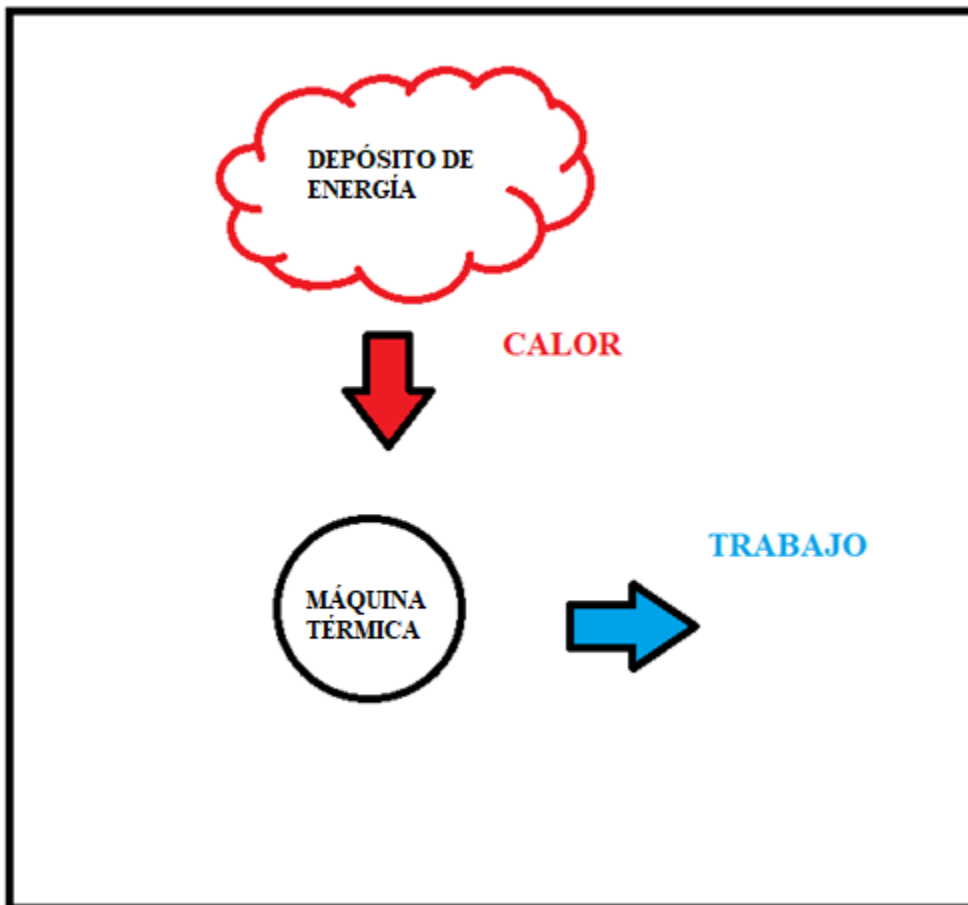
Carnot sostiene que, dentro de un sistema aislado, la “energía” tiende a aumentar con el tiempo, y que existe una tendencia a la degradación progresiva o a la destrucción de las estructuras de dicho sistema (Cengel, 2015).

Clausius (1865) al realizar un experimento con un émbolo registro nuevamente esta “energía” previamente descrita por Carnot (1824). Concluyó que era una nueva propiedad termodinámica designada por la relación existente en un proceso irreversible entre el calor y la temperatura del sistema. A esta nueva propiedad decidió llamarla **entropía (Segunda Ley de la Termodinámica)**. En términos más simples, Clausius utilizó el concepto para describir la complejidad de la distribución de la energía en el espacio.

Según la fuente que se consulte, uno puede encontrar que se considera a Sadi Carnot como el padre de la Termodinámica, o por el contrario a William Thomson (Lord Kelvin) y a Planck (1858-1947). Algunos piensan que, por su condición de ingeniero, su trabajo fue despreciado por científicos prominentes de la época.

La segunda ley de la Termodinámica ha sido objeto de muchas generalizaciones. Dada la naturaleza empírica de la misma, existen varias maneras de enunciarla. A continuación, se presentan las tres formas más comunes:

1. Es imposible que un dispositivo que opera en un ciclo reciba calor de un solo depósito y produzca una cantidad neta de trabajo (enunciado Kelvin-Planck).



**Figura 8.** Máquina térmica que viola el enunciado de Kelvin Planck. Elaboración propia con información de Cengel, 2015.

Lo anterior es análogo a decir, que una máquina térmica debe de intercambiar calor con un sumidero de baja temperatura, así como con una fuente de alta temperatura para funcionar. También se puede enunciar como (otra forma del enunciado Kelvin Planck):

*“ninguna maquina térmica puede tener una eficiencia del 100%”*

O también:

*“para que una central eléctrica opere, el fluido de trabajo debe intercambiar calor con el ambiente, así como con el horno”*

2. Es imposible construir un dispositivo que funcione en un ciclo y cuyo único efecto sea producir la transferencia de calor, de un cuerpo de temperatura más baja, a un cuerpo de temperatura más alta.

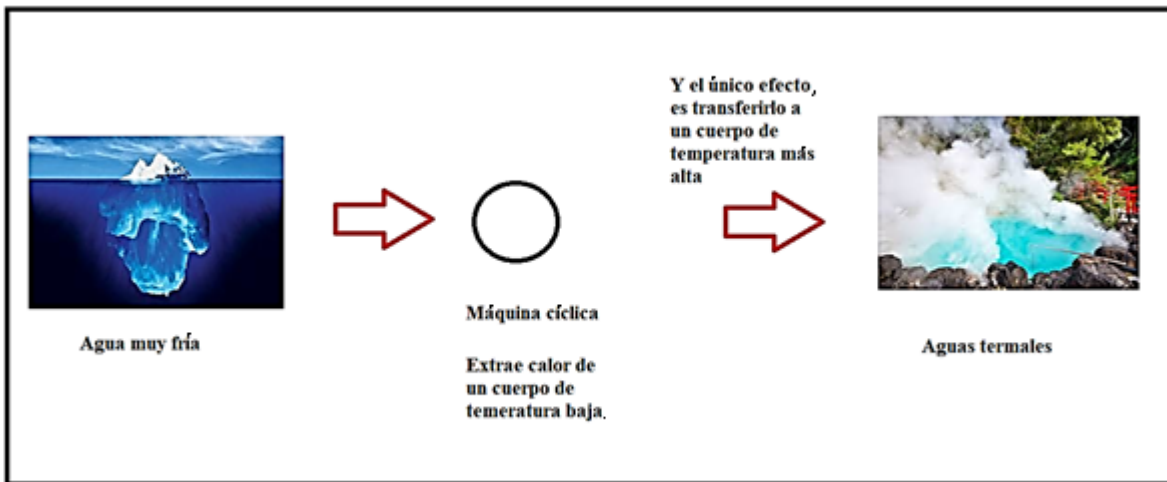


Figura 9. Figura elaborada<sup>16</sup> con información de Cengel 2015.

Lo anterior se explica en la figura 9. El postulado de la Segunda Ley de la Termodinámica de Clausius nos dice que, no se puede construir una máquina que funcione en un ciclo y que pueda transferir calor de una fuente más fría, un iceberg en este caso, y transferirlo a una fuente más caliente, como las aguas termales que se ven en la figura.

3. Existe para cada sistema en equilibrio una propiedad llamada entropía  $S$ , la cual es una propiedad termodinámica del sistema. Para procesos reversibles, los cambios en esta propiedad estarán dados por:

$$\Delta S = (dQ_{reversible})/T$$

Los tres enunciados son equivalentes, sin embargo, el tercer enunciado describe una forma de medir cuantitativamente que tan lejos se está de la reversibilidad. El concepto de reversibilidad se refiere a la naturaleza unidireccional del fenómeno que posee una tendencia natural a crecer de forma perpetua.

Lo anterior busca contextualizar el concepto de entropía en el marco de la Segunda Ley de la Termodinámica. Sin embargo, solo representa el principio del estudio de este concepto tan importante que hasta hoy, no se ha terminado de explorar. Extender la definición termodinámica de entropía para sistemas que se encuentran fuera del equilibrio, es algo que aún no se ha logrado realizar y ejemplifica lo mucho que queda por construir.

Existen cuantiosas ideas e interpretaciones que se han asociado al concepto de entropía que no necesariamente se encuentran dentro de la termodinámica. A continuación, se enuncian algunas de ellas:

<sup>16</sup> Fuente de las imágenes: Foto de archivo. Mar de Bepu Oita Japón. (2010). [https://es.123rf.com/photo\\_50256799\\_bepu-jap%C3%B3n-en-el-quot-infierno-quot-mar-de-aguas-termales-llamado-as%C3%AD-por-sus-aguas-azules-.html](https://es.123rf.com/photo_50256799_bepu-jap%C3%B3n-en-el-quot-infierno-quot-mar-de-aguas-termales-llamado-as%C3%AD-por-sus-aguas-azules-.html). Iceberg: Definición. de. (2020) <https://definicion.de/iceberg/>.





Para cerrar esta sección se menciona el trabajo de Pelorosso *et al.* (2016). Ellos manifiestan que la Segunda Ley de la Termodinámica y el principio de entropía proporcionan un contexto teórico que podría ayudar en:

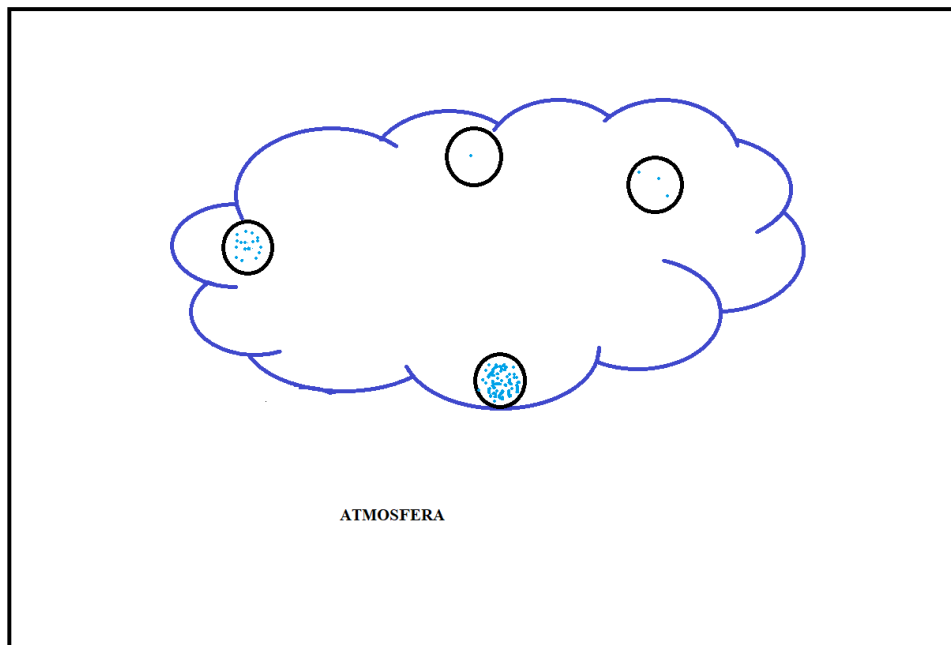
- Aclarar y unificar una amplia gama de teorías y estudios, conectándolos con los principios fundamentales de la evolución y el funcionamiento de la naturaleza.
- Determinar los cambios provocados por el hombre, al hacer uso de la tierra y sus consecuentes alteraciones en la biosfera, con el objetivo de alcanzar la sostenibilidad a largo plazo (Pelorosso *et al.*, 2017).

## 2.2 Mecánica Estadística

A lo largo de la historia, científicos y filósofos han intentado describir y explicar la realidad que nos rodea. A finales del siglo XIX importantes científicos establecieron las bases de la mecánica estadística, la cual intentaba explicar el mundo macroscópico en términos del mundo microscópico, algunos de ellos fueron: J. C. Maxwell (1831–1879), J. W. Gibbs (1839–1903) y L. E. Boltzmann (1844–1906)

Es generalmente aceptado que, Maxwell (1890) introduce el nombre de mecánica estadística, en donde la probabilidad empieza a reemplazar a la certeza. Contrario a lo que se pensaba, el enorme número de elementos microscópicos que componen los materiales provocó resultados estadísticos de gran precisión. Gibbs (1902) en su libro *Elementary Principles of Statistical Mechanics*, nos dice que los sistemas en general tienen la tendencia a alcanzar su estado más probable, es decir, existe una tendencia natural de los sistemas a pasar de distribuciones menos probables a distribuciones más probables.

En un ejercicio de observación de la vida cotidiana, encontraremos que el estado más probable de los sistemas físicos es el caos, el desorden y la desorganización. Como ejemplo, se puede pensar en una familia que se muda a una casa nueva. Llevarán consigo las posesiones más necesarias e importantes para ellos, una vez establecidos (inicio) y a medida que pase el tiempo en la nueva ubicación, cada miembro de la familia incrementará la cantidad de ropa, accesorios, juguetes, enseres domésticos, etc. los cuales, si no administran de forma óptima, los llevará a un estado de completo desorden o caos dentro de su hogar. Es decir, la entropía aumentará, a lo mucho permanecerá constante, pero nunca disminuirá. Este ejemplo muestra el aumento del desorden en el sistema, sin embargo, las personas realizarán trabajo para aumentar el orden dentro del sistema mencionado, es por eso que este proceso no es espontáneo ya que la entropía puede disminuir. A diferencia de los sistemas naturales, en donde la intervención de ser humano puede, o no, influir en el orden del sistema, este ejemplo muestra la diferencia entre, la entropía en los sistemas naturales y los sistemas diseñados por el hombre.



**Figura 9.** Concentración de partículas de polvo en una nube.

Un ejemplo de carácter físico se observa en la figura 9. Dado que es muy difícil conocer la distribución exacta de las partículas de un sistema microscópico<sup>18</sup>, en esta caso dentro de la nube, sería aventurado decir que todos los estados microscópicos de la nube están en equilibrio, por ejemplo, temperatura, presión, choques entre partículas, etc. El estado microscópico<sup>19</sup> del sistema cambia continuamente. Intuitivamente se puede pensar que no todos los estados microscópicos del sistema están en equilibrio. Sin embargo, el número de estados microscópicos que sí se encuentran en equilibrio, es mucho más grande en comparación con los demás. Así la probabilidad de encontrar desviaciones apreciables desde el equilibrio es prácticamente insignificante. Gibbs (1902) es quien le da una estructura matemática a los principios fundamentales de la mecánica estadística y explica el comportamiento de los sistemas físicos.

Dicho lo anterior, conocer completamente los sistemas es muy improbable y, por el contrario, conocer el carácter parcial de los sistemas, cobra importancia y puede obedecer los siguientes criterios (Ruiz y Tsallis, 2011):

- a) La definición del propio sistema. Por ejemplo, porque el número exacto de electrones o de fotones, no se conoce.
- b) Las interacciones entre las partículas. Por ejemplo, porque existen fuerzas que se tratan como aleatorias.

---

<sup>18</sup> Si distinguimos entre microestado y macroestado, el primero se refiere a las ordenaciones moleculares (o configuraciones moleculares) y el segundo a una caracterización del sistema mediante los valores de un número finito de variables de estado, de las cuales al menos una es extensiva, además está dado por una distribución de probabilidad sobre un conjunto de microestados dado (Hans Reichenbach, 1959, pp.106-108).

<sup>19</sup> La microfísica no necesita del principio de entropía. En el mundo subatómico las nociones de tiempo, espacio, causalidad, proceso e, incluso, la misma noción de realidad carecen del sentido que se les asigna comúnmente (Hacyan, 2011, 199).

- c) Las condiciones iniciales. Porque, por ejemplo, en una descripción clásica podemos tal vez conocer, dentro de un margen de error, la posición y el momento del baricentro del sistema, mientras que ignoramos el resto.
- d) Las condiciones de frontera. Por ejemplo, en el caso de estar interesados en estudiar los electrones de una pieza metálica que tiene forma irregular, o el gas contenido en un globo elástico.

La mecánica estadística, usualmente se encarga de resolver los problemas macroscópicos, ya sea problemas que se pueden controlar de forma parcial, o que son meta-estables<sup>20</sup> o aquellos de los que se posee información incompleta. Por lo que la mecánica estadística trata de explicar los problemas, de los que se conoce una pequeña parte solamente, por medio del uso de la teoría de probabilidades.

Por otro lado, Boltzmann alrededor de 1870, relaciona por primera vez el concepto de entropía, lo cual como se ha visto anteriormente, es una propiedad macroscópica de un sistema, junto con las propiedades moleculares del mismo, y procura explicar fenómenos como las mareas, o la atmósfera, que, dada la imposibilidad de conocer a detalle su configuración microscópica (figura 9), debería ser explicable en términos macroscópicos como lo son las cuatro fuerzas fundamentales del universo<sup>21</sup>.

En mecánica estadística la entropía se define como el logaritmo del número total de micro-estados, multiplicados por una constante. Alternativamente también se escribe en términos de la probabilidad de ocupar esos micro-estados.

Boltzmann<sup>22</sup> aplica el concepto de entropía en la mecánica estadística que la define como:

$$S = (k)\ln(w)$$

Donde  $k$  es la unidad de medida conocida como constante de Boltzmann,  $w$  es la probabilidad termodinámica que incorpora el número total de micro-estados, compatible con el estado macroscópico del sistema, también se le puede identificar como el grado de desorden o cantidad de desorden de un sistema y  $S$  es la entropía que es una función creciente y positiva. Sin embargo, es Schrödinger (1943)<sup>23</sup> quien introduce el concepto de entropía negativa y más tarde Brillouin (1959) interpretó el signo negativo, como el gasto energético que se requiere para adquirir dicha información.

$$\text{información} = -\text{entropía (entropía negativa)}$$

Aunque Boltzmann (1872), cuando formuló su idea de entropía no hace referencia explícita a la palabra información, sí menciona que la entropía se puede entender como una medida del desorden del sistema *per se*. Boltzmann habla también de la irreversibilidad macroscópica de un sistema, lo cual significa que la entropía siempre crece en un solo sentido.

---

<sup>20</sup> Meta-estable: propiedad que caracteriza a un sistema que permanece en equilibrio estable un considerable periodo de tiempo, pero que puede cambiar a un estado más estable (RAE, 2020).

<sup>21</sup> Física Moderna. Raymond A Serway *et al.*, 2005

<sup>22</sup> Ludwig Boltzmann; Físico Austriaco. Consultado en la Enciclopedia Británica (en inglés) el 26 de agosto de 2020.

<sup>23</sup> Físico teórico, y uno de los padres de la mecánica cuántica, mencionado en su libro de ciencia popular, ¿What is life?

El ejemplo por excelencia es el universo. A cada instante el universo se hace más y más desordenado aumentando su entropía en una sola dirección y obedeciendo el principio de irreversibilidad (Cesarman, 1982).

Muchos fenómenos sociales y económicos se han estudiado recientemente como sistemas complejos y no lineales, estos sistemas no se han podido explicar con el principio de superposición, o sea, por medio de la suma de sus partes. Estos fenómenos describen situaciones que parecen no estar en equilibrio y que surgen de forma espontánea.

Los terremotos sociales producto de la desigualdad son una característica vigente en la segunda década del siglo XXI. La analogía con los terremotos naturales establece que, existe una componente cíclica caracterizada por presentar intervalos de alta, con intervalos de baja actividad. Esto significa que se acumula tensión y ocurren explosiones de agresividad evidentes.

La econo-física<sup>24</sup> es la ciencia encargada de estudiar este tipo de fenómenos. El término econo-física comparte el mismo origen con ciencias como la astro-física, geo-física y bio-física, que estudian las aplicaciones de la física en otros campos del conocimiento. La econo-física no aplica textualmente las leyes de la física, en opinión del autor, tal vez por la complejidad que presentan los sistemas sociales y económicos íntimamente ligados al individuo y su actuación personal e ideológica en particular.

De acuerdo con Yakovenko *et al.*, (2009), la econo-física se distancia del estilo detallado, narrativo e ideológico de la economía política y está más cerca de la econometría, en su enfoque. Otro término muy relacionado con la econo-física es el propuesto por Galam *et al.*, (1982) con el nombre de socio-física, término alusivo a la aplicación de la física con fines sociales, como los terremotos sociales. Ambos campos del conocimiento han establecido sus fronteras y gozan de una buena relación (Galam *et al.*, 2004),

En su libro: *Populäre Schriften*, Boltzmann (1905) escribe una frase donde hace referencia al desarrollo de la mecánica estadística por parte de J. W. Gibbs que dice:

*Esto abre una amplia perspectiva, si logramos dejar de pensar únicamente en objetos mecánicos. Consideremos aplicar este método a las estadísticas de los seres vivos, la sociedad, la sociología, etc.* (Boltzmann, 1905).

Siguiendo esta línea de acontecimientos, destaca la importante contribución que realizó un ingeniero civil que recopiló estadísticas, donde demuestra que las distribuciones de ingresos y riqueza en una sociedad siguen un comportamiento en particular (Pareto, 1896).

Más recientemente, Yakovenko *et al.*, (2009) recopilan información de estudios realizados previamente, que miden la distribución de los ingresos en el Reino Unido y en los E.E.U.U. Uno de los resultados relevantes de este trabajo, explica cómo la distribución del ingreso en

---

<sup>24</sup> Término acuñado a finales del siglo XX, aparentemente, por el profesor de física de la Universidad de Boston, Eugene Stanley.

ambos casos, presenta una similitud con las distribuciones de Boltzman- Gibbs y de Pareto, durante el análisis de información estadística obtenida de sendas instituciones en ambos países. En la gráfica 15 se observa que por debajo de 100 k £<sup>25</sup>, los datos están bien ajustados por una distribución exponencial:

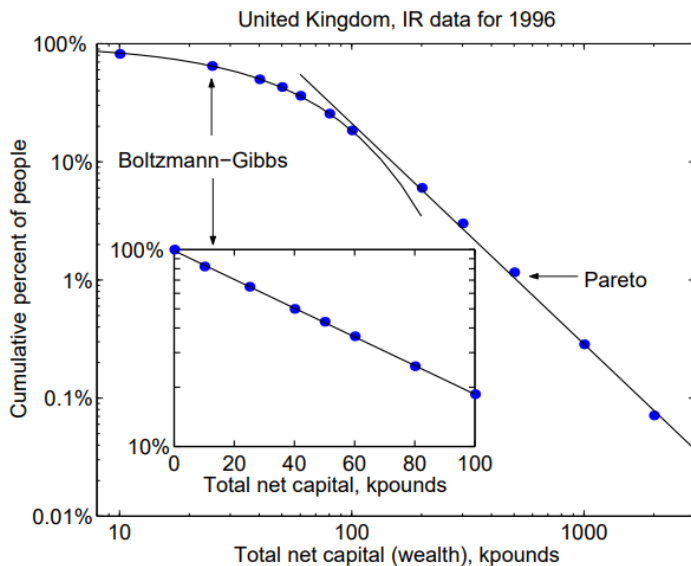
$$C(w) = \alpha e^{-\frac{w}{T_w}}$$

Donde  $T_w = 60 \text{ k}\text{£}$ , definida como "temperatura de riqueza".

La distribución de la riqueza se caracteriza por la ley de Pareto en la cola superior de la distribución, y la ley exponencial de Boltzmann-Gibbs en la parte inferior de la distribución, para la gran mayoría (alrededor del 90%) de la población.

Significa que la distribución de la riqueza en la parte inferior, es decir para la gran mayoría, y que obedece una distribución de Boltzmann-Gibbs, está dominada por la distribución del dinero, porque las personas no tienen otros activos significativos (Levy y Levy, 2003).

Por otro lado, la cola superior de la distribución de la riqueza, los que más ganan, está dominada por la evaluación de la inversión (Levy y Levy, 2003), y obedecen una distribución de Pareto. Esta ley fue estudiada por varios investigadores (Klass *et al.*, 2007; Levy, 2003; Sinha, 2006) y utilizada por la lista Forbes para clasificar cerca de 400 personas, consideradas las más ricas del mundo (Dr̃agulescu *et al.*, 2003).



**Gráfica 15.** La distribución de probabilidad acumulada de la riqueza neta, en el Reino Unido, se muestra en las escalas log-log<sup>26</sup> (panel principal) y log-linear (recuadro).

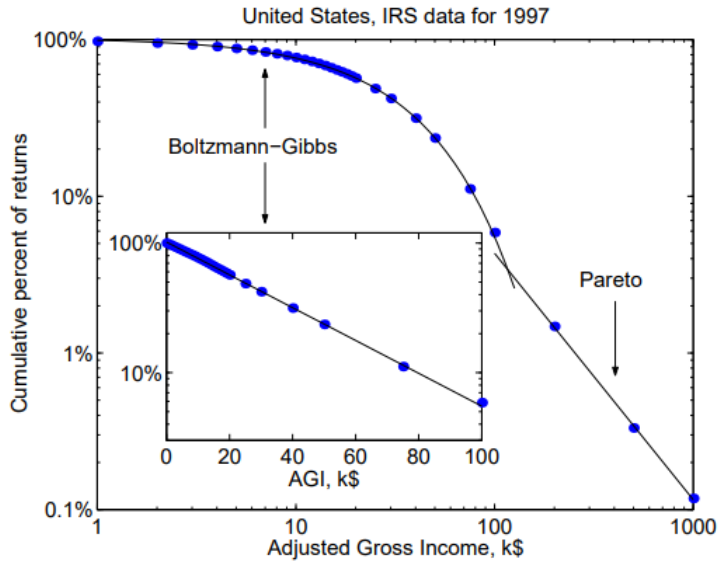
Tanto el eje horizontal como el vertical se presentan en escala logarítmica (panel principal).

Mientras que, para el recuadro, el eje vertical, es el que se encuentran en escala logarítmica y el horizontal en escala lineal.

Los puntos representan los datos del Inland Revenue, fuente de datos, y las líneas continuas se ajustan a las leyes exponenciales Boltzmann-Gibbs y Pareto. Gráfica obtenida de Dr̃agulescu *et al.*, (2003).

<sup>25</sup>  $k$  es el prefijo del Sistema Internacional equivalente a  $10^3$  (1000).  $\text{£}$  es el símbolo que representa a la moneda utilizada en el Reino Unido, así como en las Dependencias de la Corona Británica y de algunos territorios británicos de ultramar.  $\text{k}\text{£}$  - miles de libras esterlinas.

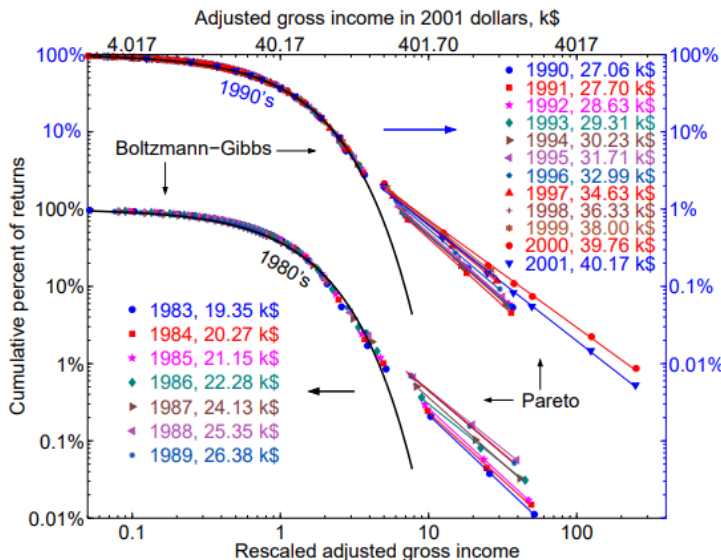
<sup>26</sup> La escala logarítmica es una escala de medida, en la cual se utiliza el logaritmo de alguna cantidad física en lugar de la cantidad misma.



**Gráfica 16.** Distribución de probabilidad acumulada de las declaraciones de impuestos para E.E.U.U.

En 1997 se muestra en las escalas log-log (panel principal) y log-linear (recuadro). Los puntos representan los datos del Servicio de Impuestos Internos, y las líneas continuas se ajustan a las funciones exponenciales y de la ley de potencia. Gráfica obtenida de Drăgulescu *et al.*, (2003).

Lo anterior ejemplifica la aplicación de la mecánica estadística a los sistemas sociales. Las gráficas hablan de la acentuada existencia de dos clases sociales dominantes. La clase alta, que sigue una distribución de Pareto en donde (Gráfica 16), el 3% de la población, posee el 16% de los ingresos de todo el país para el 1997, y que además incluye a todos aquellos que ganarían más de 120 k\$<sup>27</sup>, y que de acuerdo con el estudio, sus ingresos, están estrechamente ligados a la especulación y a las inversiones. Por otro lado, la clase baja, que sigue una distribución de Boltzmann-Gibbs, en donde el 97% de la población posee 84% de los ingresos y donde sus ingresos son aproximadamente menores a 120 k\$, continúan teniendo, como principales fuentes de ingreso, sueldos y salarios.



**Gráfica 17.** Distribución de probabilidad acumulada de las declaraciones de impuestos trazadas en la escala log-log versus  $r / Tr$  (el ingreso anual  $r$  normalizado por el ingreso promedio  $Tr$  en la parte exponencial de la distribución). Los puntos de datos del IRS son para 1983–2001, y las columnas de números dan los valores de  $Tr$  para los años correspondientes. Gráfica obtenida de Silva *et al.*, (2005).

<sup>27</sup> $k$  es el prefijo del Sistema Internacional equivalente a  $10^3$  (1000). \$ es el símbolo que representa a la moneda utilizada en los E.E.U.U., el dólar.  $k$  - miles de dólares.

La gráfica 17 muestra lo que puede ser el resultado más perturbador del estudio. Se puede observar que, la forma de la distribución del ingreso para la clase baja, es extremadamente estable y no cambia con el tiempo, a pesar del aumento gradual del ingreso promedio en dólares nominales. Esta observación sugiere que la distribución de clase baja está en equilibrio estadístico "térmico". Mientras que para la clase alta si existe un cambio significativo en el tiempo, pasando de 19.35 k\$ a 26.38 k\$ seis años después (Dr̃agulescu *et al.*, 2003).

El United Census Bureau (CENSUS, 2017) reportó que el 1% de las familias más ricas obtuvo el 23,8% de ingresos totales en 2016, cifra récord, según la Fed. Esto representa un aumento del 20,3% respecto al 2013 y casi el doble que el punto más bajo alcanzado en 1992. En 2017 se registró otro aumento record en la desigualdad en los E.E. U.U., donde el 1% pasó a controlar el 38.6% de la riqueza del país.

Las clases sociales se conocen en la economía política desde Karl Marx<sup>28</sup>, pero la interpretación de que se pueden describir mediante distribuciones matemáticas tiene su aparición en la historia reciente. Una de las aplicaciones de la mecánica estadística, de interés para este trabajo, es la correspondiente a la teoría de la información.

---

<sup>28</sup> Marx, Karl. El Capital. Tomo 1. Fondo de cultura Económica. Edición en español de 1959. Reimpresión de 1995

## 2.3 Teoría de la Información

Durante la primera mitad del siglo XX se experimentó una acelerada difusión, procesamiento y transmisión de la información. Estimulado por este crecimiento se desarrolla el primer modelo científico del proceso de comunicación.

Hartley (1928)<sup>29</sup> realiza la primera formulación de las leyes matemáticas que gobiernan los sistemas de información y sus ideas son consideradas actualmente el origen de la Teoría de la Información.

Posteriormente, Shannon y Weaver (1949) desarrollaron los principios definitivos de esta teoría. El trabajo de estos dos científicos se centró en algunos problemas identificados en los sistemas destinados a manipular información tales como:

- ¿Cuáles son los mejores métodos a utilizar en los diversos sistemas de comunicación?
- ¿Cómo establecer el mejor método para separar las señales del ruido?
- ¿Cómo determinar los límites posibles de un canal?

Una de las ideas principales de la Teoría de la Información es que:

*el desorden de un sistema aumenta, si y solo si, nuestra información sobre el sistema disminuye.*

*Shannon 1949*

Shannon *et al.*, (1949) definió por primera vez el uso de la entropía, pero aplicada a la información, para calcular la incertidumbre contenida en un mensaje. La entropía de Shannon es la técnica más utilizada en la teoría de la información para medir la incertidumbre, donde el peso de un atributo disminuye a medida que aumenta el grado de entropía para algún otro atributo particular (Lotfi *et al.*, 2010).

Tal vez el paradigma central de la teoría de información, es el problema que se tiene en la ingeniería de cómo transmitir información en diversos canales, con una componente de ruido muy importante.

Se toma como ejemplo, el problema de enviar cierta información de un lugar a otro. Puede ser un mensaje en blanco o una imagen como la que se observa en la figura 10. Si ambas imágenes tienen el mismo tamaño, la pregunta es: ¿cuál de las dos presentará más dificultad para ser transmitido, guardado o interpretado por un receptor?, si es necesario, ¿cuál de estas imágenes ocupa menos espacio en la memoria al ser guardada?

La imagen que representa la obra de Frida Kahlo, presenta una complejidad más alta para ser transmitida, que la hoja en blanco, esto se debe a que un bit de la hoja en blanco, tiene más probabilidad de repetirse que un bit de la obra: *Las dos Fridas*. Esto significa que la imagen en blanco tendrá también menos probabilidades de perderse al ser guardada, comprimida o

---

<sup>29</sup> Ralph V. L. Hartley, Legacies, IEEE History Center. Consultado el 26 de agosto de 2020.



transmitida, que la obra de arte del siglo XX, que tiene mayor probabilidad de perder información al comprimirse, guardarse y transmitirse.

En otras palabras:

*A menor cantidad de información los mensajes serán más cortos y menos importantes.*

*Shannon 1949.*



**Figura 10.** Complejidad de la información. Imagen de la izquierda: Kahlo, Frida (1939). *Las dos Fridas*. Imagen de la derecha hoja en blanco.

Aunque las dos imágenes tengan el mismo tamaño, la hoja en blanco presenta una entropía muy baja, es decir existe certeza de lo que hay en el mensaje. La imagen de “las dos Fridas” pintado en 1939 por Frida Kahlo<sup>30</sup> posee una complejidad mucho más alta, por lo que su entropía también será alta.

La obra de Frida al contener más información, será por tanto más importante, que el mensaje en blanco, el cual posee información nula.

La incertidumbre de recibir un mensaje en blanco es del 0% ya que está vacío, es decir, se sabe que el mensaje está vacío, y no requiere interpretación expresa, simplemente está vacío. Por otro lado, la incertidumbre de recibir un mensaje con la imagen de *Las dos Fridas*, es mucho más alta ya que tiene mucha información por interpretar, la incertidumbre es muy alta. Dado lo anterior la Teoría de la información nos dice:

*Entre estos dos extremos la teoría de la información se puede cuantificar con la entropía. La entropía,  $H$ , de una variable al azar, discreta  $X$ , es una medida de la cantidad de incertidumbre asociada al valor de  $X$ .*

*Shannon 1949.*

<sup>30</sup> Kahlo Frida 1939. *Las dos Fridas*. Museo de Arte Moderno de México, México D.F.

## 2.4 La Entropía de Shannon

Shannon *et al.*, propusieron en 1949 el uso del concepto de entropía de la información, dicha concepción, se interpreta como la cantidad promedio de información producida por la fuente probabilística de datos  $Z$ . En otras palabras: Las entropías cuantifican la diversidad, incertidumbre o aleatoriedad de un sistema, en este caso, de información, y se representa por la siguiente fórmula:

$$H = k \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

donde  $p_i$  es la probabilidad del sistema en el estado  $i$ -ésimo y  $k$  es una constante. El trabajo de Shannon trajo a la luz el concepto de la entropía y abrió todo un campo nuevo para desarrollar (Shannon *et al.*, 1949).

Su trabajo también logró que este concepto proveniente de la física, permeara en otros campos, por ejemplo, las humanidades, la cultura humana, las finanzas, etc., como ya se ha mencionado antes.

Así, la entropía de Shannon es una medida de la información contenida en un sistema. Mientras más alto sea el valor de la entropía de Shannon más información se necesitará para que las personas entiendan el sistema bajo análisis.

Una vez establecido lo anterior, surgieron otras aplicaciones al concepto (Ruiz y Tsallis, 2011). La entropía también se conoce como una medida del caos, del desorden o de la falta de información. Para definirla, se toma el conjunto de eventos posibles de un sistema  $\Omega$ , junto con la ley de probabilidad  $p$  que asigna a cada evento su probabilidad de ocurrencia, entonces:

$$\Omega \equiv \{1, 2, \dots, M\}$$

$$p \equiv \{p_1, p_2, \dots, p_M\}$$

Dónde:

$$\sum_{m=1}^M p_m = 1$$

Se define la entropía con la siguiente expresión

$$S(p_m) = -k \sum_{m=1}^M p_m \ln p_m$$

Donde  $k$  es una constante positiva arbitraria que se identifica como la constante de Boltzmann,  $k_B$ .

El valor numérico de la entropía depende de la base del logaritmo; un cambio de base no supone más que un cambio de escala. Así pues, la adopción de una determinada base,  $b$ , no supone más que la elección de una cierta unidad de medida; la entropía expresada en unidades de base  $b$  se representará por  $H_b(x)$ . Para ciertos valores de la base  $b$ , las unidades suelen recibir denominaciones especiales:

1. base 2  $\rightarrow$  las unidades se denominan bits
2. base  $e$  (natural)  $\rightarrow$  las unidades se denominan nats
3. base 10  $\rightarrow$  las unidades se denominan hartleys

De acuerdo con López *et al.*, (2002) el origen del término “nats” parece ser la contracción de la expresión inglesa natural units (unidades naturales). En este trabajo se utilizará la base natural, ya que es el generalmente usado para medir la incertidumbre (Lopez *et al.*, 2002).

Conocer las propiedades de la entropía es importante, a continuación, se mencionan brevemente (Ruiz y Tsallis, 2011):

- Positividad
- Máxima entropía. Ignorancia total. Significa también equi-probabilidad
- Mínima entropía. Certeza total. La entropía de un sistema perfectamente conocido es nula. Esto implica también que los eventos imposibles, o aquellos cuya probabilidad es nula, no contribuyen a la entropía.
- Simetría. Invariante bajo cualquier permutación.
- Aditividad de la información.
- Subaditividad.

Usando el concepto de entropía de la información, se puede concluir que tan importante es la información que nos otorgan los datos generados por el fenómeno bajo estudiando, como el sistema financiero (bolsa de valores o tipo de cambio). Se ha encontrado también que la entropía es un concepto que puede ser considerado como la medida del grado de ignorancia en cuanto al estado de un sistema (Jaynes, 1957).

Si el nivel de entropía es alto, la información que se esté recibiendo no será muy importante, esto desde la perspectiva de predecir los sucesos futuros. Pero si el nivel de entropía es muy bajo, entonces los datos que estamos obteniendo son muy importantes y vale la **pena seguir estudiándolos**, ya que con estos datos podremos predecir algo que muy probablemente ocurrirá (Montenegro, 2011). Pero desde la perspectiva de la incertidumbre, mientras más alta sea la entropía, mayor incertidumbre habrá y viceversa, mientras menos entropía, menor incertidumbre y mayor certeza habrá de lo que pueda suceder.

Con este concepto, también se puede medir la complejidad de un sistema; en los campos de la informática y la gestión de la ciencia, la entropía generalmente se usa como un índice para la evaluación sistemática y la optimización estructural. Por ejemplo, Duan (2012) utilizó la entropía para analizar las diferentes etapas del crecimiento empresarial.

## 2.5 Aplicación a los sistemas financieros

### 2.5.1 Revisión de la literatura

Existen diversas aplicaciones de la entropía, fuera de física y la informática. Por ejemplo, la entropía como un modelo de optimización, lleva utilizándose por más de 100 años en diversas áreas, tanto de las ciencias sociales como de las ciencias exactas, incluyendo mecánica estadística, termodinámica, economía, así como en negocios y finanzas. Para fines de colocar en contexto el presente, se lleva a cabo una breve revisión de los usos que se le han dado al concepto de entropía en las finanzas.

Siendo el sistema financiero un sistema complejo, en el cual el uso de las teorías matemáticas y físicas se ha extendido ampliamente, no es de extrañar, que ya se hayan encontrado diversas aplicaciones al concepto de entropía dentro de este campo.

La aplicación de la entropía en finanzas, de acuerdo con Sheraz *et al.*, (2015) puede ser considerada como la extensión de los conceptos de entropía de la información, propuesto por Shannon (1949), y la teoría de la probabilidad. Conforme con lo que escribe Sheraz *et al.*, (2015) en las últimas dos décadas, se ha convertido en una gran herramienta para diseñar portafolios y también para la fijación de precios de activos.

En la literatura existen múltiples estudios que se han apoyado en el uso del concepto de la entropía para medir la incertidumbre en entidades financieras, ya que ambos conceptos, como hemos visto antes, se consideran sinónimos (Jaynes, 1957). Sayari *et al.*, (2017) usan el método de la entropía para calcular las distribuciones de probabilidad de la información que han llamado: perfecta e imperfecta, y así determinar la capacidad predictiva de la información contenida en algunas relaciones (ratios), que ellos mismo han calculado con información histórica.

Después de obtener el conjunto de índices financieros, que poseen el mayor contenido de información sobre el nivel de incertidumbre de las empresas dentro de un grupo industrial, emplean un modelo de regresión logística para tratar de encontrar modelos específicos de incertidumbre dentro de las empresas seleccionadas y así clasifican a las empresas que pueden estar en riesgo de banca rota.

Es también importante mencionar el principio de Máxima Entropía propuesto por Edwin T. Jaynes, publicado en el Physical Review en 1957, que menciona lo siguiente: *La distribución de probabilidad menos sesgada que se le puede atribuir a un sistema estadístico, es aquella en la que, dadas ciertas condiciones o restricciones fijas, maximiza la entropía.* En el anterior documento se consideran como sinónimos a la entropía y a la incertidumbre.

Maasoumi *et al.*, (2002) y otros utilizaron la entropía métrica para detectar la previsibilidad del mercado bursátil y encontraron que, en comparación con el método de predicción tradicional, la entropía métrica puede capturar más relaciones no lineales.

## 2.5.2 Markowitz y la optimización de un portafolio

En E.E. U.U. de acuerdo con cifras de Quartz, empresa dedicada a la divulgación de noticias financieras en su reporte de 2019, muestra que el número de estadounidenses que invirtieron en los mercados bursátiles aumentó durante la década de los noventa. Pero durante las dos primeras décadas del siglo XXI, ha mostrado un comportamiento estable con una ligera tendencia a la baja, en el número de personas que poseen acciones, llegando para el 2019 a superar el 50% de la población.

En México menos del 1% de los individuos hace lo propio, en las dos bolsas de valores que existen<sup>31</sup>. Dentro de este universo de personas, uno de los principales problemas a los que se enfrentará un inversionista, corresponde a cuántos y cuáles activos elegir, de todo el abanico de posibilidades que se le presentan.

Usualmente el inversionista tratará de organizar un portafolio que posea el menor riesgo y el mayor rendimiento posible, sin embargo, aunque el riesgo es comúnmente percibido como algo de naturaleza perjudicial, muchos inversionistas lo consideran un área de oportunidad poco aprovechada (Martínez, 2020).

Para ilustrar lo anterior supongamos que se desea invertir en un país y existen dos opciones, un país desarrollado y un país con problemática interna con características macroeconómicas como, un bajo crecimiento del PIB, un riesgo país muy alto, así como conflictos internos en materia política e inestabilidad social. Lo usual sería evitar el riesgo de invertir en ese lugar y mirar la opción del mundo desarrollado. Contrario a un inversionista novato, el experto se preguntaría, si es que invertiré en un país muy riesgoso ¿Cuál sería mi rendimiento? y es que, al invertir en un país más riesgoso, también implica que el rendimiento será más alto, con respecto a la inversión en donde exista menor riesgo (Martínez, 2020).

Siguiendo el principio de un inversionista adverso al riesgo, éste intentará que su portafolio sea diversificado para minimizar el riesgo con una ganancia decente, a esto se le llama portafolio óptimo.

El portafolio óptimo deberá encontrar el equilibrio entre dos principios fundamentales de las finanzas: la media y la varianza. La persona a la que se le atribuye el haber abordado el problema de optimización de un portafolio es el economista estadounidense Harry Max Markowitz (1952) y el principal propósito del estudio, gira en torno a encontrar un portafolio que sea el más adecuado a los objetivos de cada inversionista.

Ahmadi-Javid *et al.*, (2019) afirman que la medida del riesgo clásica, de media- varianza inspirada en Markowitz (1952), no es monótona<sup>32</sup> lo que la hace económicamente sin sentido, otra desventaja de esta medida de riesgo es que penaliza simétricamente las ganancias y las pérdidas, pero consiente de que el riesgo tiene un comportamiento asimétrico. Proponen un método alternativo para medir el riesgo utilizando el modelo EVaR (Entropic Value at Risk).

---

<sup>31</sup> Bolsa Mexicana de Valores (BMV) y la Bolsa Institucional de Valores (BIVA).

<sup>32</sup> Si una función es solo creciente o solo decreciente en un intervalo, se dice que ésta es monótona en dicho intervalo. Cálculo 1 (Larson *et al.*, 1996).

En la práctica Markowitz (1952), propone que un portafolio eficiente está definido, si minimizamos el riesgo esperado, maximizando la ganancia esperada, o usando un criterio equilibrado.

Kapur *et al.* (1992) considera una estrategia de máxima entropía y define el siguiente problema de optimización de un portafolio:

$$\max \omega_1 \sum_{j=1}^n m_j p_j + \omega_2 \left( - \sum_{j=1}^n p_j \ln p_j \right) - \omega_3 p^T V_p$$

$$\sum_{j=1}^n p_j = 1$$

$$p_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

En donde,  $\omega_1$  y  $\omega_2$  y  $\omega_3$ , son parámetros no negativos y representan las ponderaciones de cada activo en el portafolio de inversión.

La solución óptima de este modelo depende de los valores de  $\omega_i$  donde  $i=1,2,3$  y que pueden ser especificados por el administrador del portafolio, lo que le permite seguir estrategias distintas en relación a cada caso. Existen otras estrategias para la optimización de un portafolio que consideran el PER, valor esperado de la relación Precio Ganancia, mejor conocido como multiplicador de ganancias, el valor esperado del *Price Book Value* (PBV) o relación precio-valor contable, que refleja lo atractivo de una inversión, y si el riesgo esperado del portafolio de inversión, permanece por debajo de un límite superior dado (Fang *et al.*, 1997).

### 2.5.3 Planificación del Transporte

El transporte tanto en la naturaleza como a lo largo de la historia de la humanidad ha sido uno de los grandes desafíos para la supervivencia de los individuos. La migración de la mariposa monarca desde los bosques de los E.E. U.U. hasta los bosques del centro de México, ejemplifica como trasladarse de un lugar a otro puede ser una actividad de vida o muerte.

En la sociedad moderna el transporte tanto de una ciudad a otra, como dentro de las mismas, representa uno de los problemas o áreas de oportunidad, con más potencial para el siglo XXI.

La investigación de operaciones engendradora para resolver problemas de naturaleza militar plantea la posibilidad de modelar de forma lineal diversos problemas de planeación del

transporte cuya función objetivo consiste en funciones entrópicas, pero también funciones costo beneficio (Mirowski, 1999). Dentro de este problema la estimación del número de viajes para cualquier estudio origen-destino es una de las tareas más difíciles. Uno de los modelos más usados para realizar este tipo de estimaciones es el modelo de máxima entropía:

$$\begin{aligned} \max - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l x_{ij} \ln x_{ij} \\ \sum_{j=1}^l x_{ij} = O_j \quad i = 1, 2, \dots, k \\ \sum_{i=1}^k x_{ij} = D_j \quad j = 1, 2, \dots, l \\ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l c_{ij} x_{ij} = C, \quad x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, k \text{ y } j = 1, 2, \dots, l \end{aligned}$$

Donde:

$x_{ij}$ : es el numero de viajes entre las zonas  $i - j$

$O_i$ : es el numero total de viajes originados en  $i$

$D_j$ : es el numero total de viajes condestino en  $j$

$k$ : es el numero total de puntos origen

$l$ : es el numero total de puntos destino

$c_{ij}$ : es el numero tiempo de viaje o costo entre las zonas  $i - j$

$C$ : es el costo de los todos los viajes en la region

Menos información implicaría más entropía como lo propuso Jaynes *et. al.* (1957). En esta propuesta, si se encuentra con el problema de seleccionar una distribución de probabilidad menos sesgada acerca de una variable aleatoria, se debe seleccionar aquella que satisfaga todas las propiedades de la distribución, es decir máxima entropía.

*En una circunstancia en donde se padece el desconocimiento de la información, la distribución estadística menos sesgada, será aquella, en donde menos información extrínseca al problema se encuentre*

Ratnaparkhi 1997

En resumen, dentro de Teoría de la Información, menos información significa más entropía, más desorden en la información y por tanto menos certeza del mensaje que se recibe. Pero de acuerdo con la teoría de la incertidumbre, más entropía significa que hay menos información ya que existe una probabilidad 50-50 de que algo suceda y a menor entropía mayor certeza de que algo suceda.

## 2.6 Otras Aplicaciones del Concepto de Entropía.

La entropía en la naturaleza es un fenómeno único, sin embargo, el ser humano le ha dado diversas aplicaciones en todos los campos de estudio, por ejemplo, en el área médica, los seres vivos se alimentan de la entropía negativa de su entorno (alimentos, asistencia sanitaria, antibióticos), lo cual les permite prolongar la vida.

El concepto de entropía originalmente formulado empíricamente por Carnot (1824) y adoptado por las ciencias exactas, recientemente se ha extendido a las ciencias sociales, incluyendo la economía, sociología (Bailey, 1990) y las finanzas.

Ying, (2015) afirma que casi todos los procesos del universo pueden ser explicados por la termodinámica y que dichas leyes son la base de los principios físicos que rigen toda la naturaleza, además no existen formulaciones matemáticas fundamentales para estas leyes, sino que se derivan puramente de observaciones medibles. La vida misma no podría existir si se violaran estas leyes.

Bailey (1990) aborda en su trabajo que, cuando se habla de la entropía social, no corresponde hablar de orden, como un valor constante, sino como una cuestión de grado y utiliza el principio de máxima entropía (aleatoriedad) como valor mínimo mientras que, en el otro extremo, sitúa el principio de mínima entropía. En su trabajo, donde estudia el comportamiento de lo que llama Ciudadanía Entrópica, ésta se caracteriza por un orden bajo y una previsibilidad mínima, en lo que respecta al comportamiento de los individuos.

Coldwell (2016) hace una revisión de la entropía y las diferentes áreas del conocimiento que han usado el concepto. Aquí ejemplifica el concepto de termodinámica empresarial. La cual está definida como la transformación de la energía en un sistema productivo y que constituye la esencia de la motivación humana.

Una de las analogías que ha sentado precedentes en la asociación de las ideas de entropía con los sistemas sociales, se puede encontrar en el principio de Le Chatelier (1988). Uno de los postulados se replica a continuación:

*Cada cambio de uno de los factores de equilibrio ocasiona una reorganización del sistema, en una dirección tal, que el factor en cuestión experimenta un cambio en un sentido opuesto al cambio original*

Y Coldwell (2016) lo aterriza de la siguiente manera: *la entropía corporativa, se considera la parte de la energía de un sistema, que no puede transformarse en trabajo funcional y se pierde irreversiblemente del sistema.*

Dentro de la teoría de sistemas, Ackoff (1988) es un referente ineludible. Consideró que la entropía corporativa se podía reducir al eliminar el desperdicio de energía corporativa. El ejemplo por antonomasia nos dice que, sí un gerente ejecutivo utiliza el tiempo extra o que le ha sobrado de una junta, de forma que lo utilice estimulando y motivando a sus subordinados para incrementar su productividad, el gerente ejecutivo habrá reducido su entropía corporativa.



Ackoff calculó que un ejecutivo gastaría alrededor de 40 horas al mes en reuniones, lo que representaría un 25 % del tiempo total de trabajo. Es así como la reorientación de la energía desperdiciada podría usarse para fines productivos, reduciendo también la entropía corporativa.

La entropía organizacional fue definida por Williams (2016), como el desorden o aleatoriedad en la que se organizan y realizan funciones de trabajo. Una empresa mal organizada conducirá al desorden y por tanto al aumento de la entropía en las organizaciones. También nos dice que, en muchas de ellas, la forma en cómo se estructura el trabajo es de forma aleatoria, en cuanto a cómo se realizan los múltiples proyectos en curso, y que al mismo tiempo requieren de múltiples habilidades y por tanto de distintos perfiles.

El método de la entropía también se utilizó para calcular el Índice de Entropía de Shannon, que mide la desigualdad en el desempeño de los Estados miembros de la Unión Europea, en cada prioridad estratégica de la visión 2020 de esta región. El índice de entropía de Shannon, indicó que todavía existen diferencias relativamente altas entre los países de la UE, en el desarrollo de la producción de energías renovables y las inversiones en investigación y desarrollo (Stanujkic *et al.*, 2020).

## 2.7 Conclusiones

La Segunda Ley de la Termodinámica trajo a la luz la entropía, un concepto complicado de entender hasta por los científicos más destacados de la época (Villatoro, 2016). Se ha documentado que la entropía es siempre creciente, cualidad que se puede utilizar como metáfora para explicar otros sucesos no necesariamente propios de la naturaleza, sino también de la sociedad.

Como hemos visto la entropía, en física, es una medida energética de los sistemas, pero la entropía no es energía, ya que la Segunda Ley de la Termodinámica establece que existe una generación de entropía, lo cual violaría las leyes de la conservación.

Ackoff (1974) construye un nuevo concepto corporativo de la empresa y de los sistemas sociales en un ambiente organizacional, mediante el pensamiento de sistemas, el pensamiento creativo y la planeación. Y realiza una analogía de la entropía de los sistemas organizacionales.

Los sistemas a lo largo de su ciclo vital, pasan por diferentes estados, cada vez más desordenados y más caóticos. De forma natural, la desorganización es una tendencia que todos los sistemas deberían obedecer. Sin embargo, la simple observación del transcurso histórico de numerosos sistemas, parece contradecir el aspecto de que: *la entropía siempre es creciente*. Lejos de simpatías y de fobias, las organizaciones religiosas, así como el ejército son las instituciones conformadas por el hombre, más antiguas que existen<sup>33</sup>. A pesar de esto la Iglesia Católica al cabo de dos mil años de existencia no parece indicar un grado de desorganización ni de caos, al contrario, parece mucho más ordenada y organizada que hace 500 años (González, 2006).

Lo anterior se relaciona directamente con las ideas de complejidad y con el ser humano, que es el encargado de administrar estos sistemas:

*El ser humano puede manejar algo cuando puede 'reducirlo a su tamaño'. Si no puede hacerlo, ese algo lo manejará a él'* (Adams, 1983).

Sugiere la idea de que es posible reducir la entropía de un sistema, si el ser humano incide en él. Es importante mencionar que para Bergson (2007) la segunda Ley de la Termodinámica es *la más metafísica de las leyes de la física*, y como se ha visto a lo largo de este capítulo trascienden las fronteras de las ciencias exactas penetrando en los sistemas sociales desde hace décadas (Ackoff 1974). Los países, las empresas industriales, la familia, etc. son otros ejemplos que se suman a lo anterior. Al parecer estos sistemas mantienen su ordenamiento a

---

<sup>33</sup> Relación entre la iglesia y las fuerzas armadas. González G. 2006. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

través del tiempo. Aún se presentan otros casos en que los sistemas parecen organizarse más, a medida que pasan de un estado a otro.

Otra aplicación difícil de ignorar corresponde a los sistemas vivo y abiertos, los cuales, en su conjunto, al extraer orden del medio y reemplazarlo con el desorden producido por sus procesos vitales, rompen la ley de lo inexorable que ataca a los sistemas: la entropía creciente (Latorre, 1996) ¿Acaso la mano del hombre disminuye la entropía en los sistemas?, si esto es cierto, ¿es medible?, ¿se puede disminuir y hasta dónde?

En materia de entropía de la información, la medida de ésta, nos da una idea de qué tan importante es la información contenida en los datos, generados por algún fenómeno bajo estudio (Shannon, 1949). ¿Podría medirse la entropía en el sistema financiero, la bolsa de valores o el tipo de cambio?

Desde el punto de vista de los pronósticos, si el nivel de entropía es alto, la información que estamos recibiendo no es relevante para predecir sucesos futuros, pero si el nivel de entropía es muy bajo, entonces los datos que estamos obteniendo son muy importantes y vale la **pena seguir estudiándolos**, ya que con estos datos podremos **predecir** algo que muy probablemente ocurra (Zhou *et al.*, 2013; Montenegro, 2011).

En el campo de la información la entropía también representa la pérdida de información de un sistema físico observado desde afuera, es por eso que se le asocia un signo negativo. Comúnmente se conoce a la entropía como la medida del desorden, pero en los últimos años se ha visto que la temperatura es una mejor forma de medir el desorden, por eso la entropía ya no se considera una medida del desorden (Zhou *et al.*, 2013).

Dentro de los sistemas macroeconómicos, si los responsables de la política económica de un país toman la decisión, por ejemplo, de subir las tasas de interés, ello con el fin de evitar un recalentamiento de la economía, estarán adoptando una medida claramente entrópica, porque el conjunto de afectados por esta decisión presenta un importante grado de diversidad, con muy distintos perfiles, y con intereses incluso contrapuestos, dado que existen muchos tipos de usuarios de recursos financieros: unos desearán los créditos para decisiones de consumo, mientras que otros usuarios, mayoritariamente empresas, los buscarán para realizar inversiones; por ello, el aumento de los tipos de interés conseguirá, por una parte, enfriar los deseos de consumir, y de esta forma disminuirá la demanda interna de consumo; pero por otra parte, se estarán minando las expectativas de algo tan fundamental como la demanda de inversión; ello refleja el indeseable grado de entropía que encierra tal medida (Zhou *et al.*, 2013).

En analogía con los sistemas físicos, el sistema financiero se puede interpretar de la siguiente forma: los sistemas que presenten una menor regulación, menor competencia interna, posean una componente de corrupción elevada, etc., tienen una vida contada y sucumbirán ante la entropía creciente. Por el contrario, el sistema eficiente presentará características tales como: interacción eficiente con su medio, baja corrupción, competencia y, por tanto, orden, lo que provocará que el sistema esté en condiciones de subsistir, pero también de disminuir dentro de una ventana de tiempo, la entropía del mismo.

Así pues, un sistema menos regulado, tiende a alcanzar su estado más probable, el cual será el caos y la destrucción. El caos, es la medida del influjo entrópico en un sistema y entre más homogéneo sea éste sistema, más energía ha gastado en llegar a ese punto (Cengel, 2015).

El sistema financiero estadounidense le ha tomado más energía llegar al punto en el que se encuentra ahora, un punto más ordenado y por tanto más homogéneo, en comparación con el sistema financiero mexicano, el cual es un sistema desordenado y que no ha tenido la suficiente energía para transformarse, como lo ha hecho el sistema financiero estadounidense (LESI, 2014).

Intuitivamente basado en lo anterior se puede pensar que, mientras más pasa el tiempo, ambos sistemas financieros ampliarán sus diferencias debido a que su desorden se hará más grande.

El sistema financiero estadounidense es más sólido usando el concepto físico de solidez, en donde las moléculas de un objeto con esas características poseen un orden muy distinto a las moléculas de un gas; es más ordenado. El orden está asociado con la idea de menor entropía y, por tanto, también más predecible, más estable y más *seguro para invertir*. En opinión del autor, el sistema financiero doméstico, por su parte representaría un gas, altamente desordenado y con un comportamiento más impredecible debido a su baja regulación, más volátil y, por tanto, con un nivel de incertidumbre más alto.

La importancia de estudiar y medir la entropía en los sistemas, cobra aún más relevancia en la presente situación que se vive en el mundo por la pandemia provocada por el nuevo coronavirus (SARS-COV2), el cual ha extendido un manto de incertidumbre sobre, prácticamente todo el entorno del ser humano. Tyrtania (2008) sugirió que los sistemas que **no producen entropía**, son impensables, todo sistema en el universo produce entropía, y por lo tanto tales sistemas no existen, o por lo menos, se encuentran completamente fuera del alcance de nuestra comprensión.



### **3. CAPÍTULO III: LOS MODELOS LOGIT/PROBIT**

*El arte y la ciencia tienen su punto de reunión en el método.*

*Edward Robert Bulwer Lytton*

### 3.1 Introducción

El dinero y el tiempo son recursos esenciales para el ser humano. Ambos deben ser correctamente administrados, es decir, buscar la mejor manera de realizar una actividad con ellos o encontrar la forma de sacarles el mayor provecho posible (Martínez, 2020). De ésta necesidad inherente al ser humano nace la optimización, que ha sido aplicada en numerosos estudios en la ingeniería, siendo los estudios energéticos los más mencionados en la literatura (Thomson *et al.*, 2017; Thind *et al.*, 2017).

Medir los sistemas económicos, encontrar cuál es la mejor forma de gastar el dinero, entre otros, le da vida a lo que conocemos como econometría. Pero no es, sino hasta principios del siglo XX, que nace la *Internacional Econometrics Society*<sup>34</sup> la cual reúne a un grupo de economistas interesados en impulsar medidas, que logren unificar las teorías económicas con la aproximación cuantitativa, dando rigor metodológico a la naciente ciencia, que hasta ese entonces, no tenía.

Actualmente la econometría abarca mucho más que mediciones cuantitativas y ha logrado incorporar herramientas matemáticas cada vez más complejas de la mano del avance de la informática, las comunicaciones y la información.

Numerosos estudios han utilizado los métodos econométricos de optimización para lograr un manejo mucho más eficiente de los escasos recursos como la electricidad, los combustibles, entre otros. Uno de las herramientas que la econometría ha logrado desarrollar de forma extensa, es el correspondiente a los modelos de regresión logística conocidos como: *logit-probit-tobit*.

Estos modelos de regresión logística son parte de la familia de modelos de variable dependiente limitada, el rasgo característico de estos modelos es que el rango de valores está restringido de forma importante. Los modelos logit-probit estarán restringidos entre 0 y 1 siendo la meta principal, conocer la correlación entre las variables explicativas y las variables explicadas, así como su importancia. Las estimaciones de los coeficientes del modelo, así como el grado de error estándar no serán de gran dificultad, sin embargo, la interpretación de los resultados será el aspecto más difícil de todo el modelo (Wooldridge, 2010).

Dada la naturaleza de los modelos de regresión logística, que como se mencionó se encuentran limitados normalmente entre 0 y 1, diversos estudios interpretan el resultado como una probabilidad (Chen L. *et al.*, 2018; Mukhopadhyay *et al.*, 2017; Zhanga *et al.*, 2017).

Los modelos de regresión logística utilizan información histórica, previamente analizada y asegurando la confiabilidad de la misma, siendo la primera, la tarea más laboriosa de este método. Conocer la probabilidad de encontrar a una persona en el territorio nacional, que se encuentre incluida en el sistema financiero y que posea educación financiera, así como las

---

<sup>34</sup> Sociedad Internacional de Econometría 1930.

variables explicativas y su relación con las variables explicadas, será la materia prima de este capítulo.

### 3.2 La econometría

El significado de la palabra econometría tiene como raíz etimológica las palabras *metro*, que significa medir y el término *econo*, que hace referencia a economía, es decir “medición de la economía”. En su definición se puede observar el carácter esencialmente cuantitativo del mismo, pero cabe aclarar que el alcance de esta ciencia va más allá de una simple medida, como se verá más adelante.

Frisch (1933) miembro fundador de la *Internacional Econometrics Society*, en su trabajo llamado *Econometría*, expone que la econometría: “*promueve estudios que se dirijan a la unificación de la aproximación teórica cuantitativa y empírico cuantitativa a los problemas económicos y que constituya reflexiones constructivas y rigurosas*”.

La econometría consiste en la aplicación de la Estadística Matemática a la información económica, para dar soporte empírico a los modelos construidos por la Economía Matemática y así obtener resultados cuantitativos (Tintner, 1968).

La econometría ha crecido rápidamente desde inicios del siglo XX, cuando se creó la *Econometrics Society* en 1930. Aspectos importantes que han permitido el crecimiento de la econometría son, entre otros:

1. El Desarrollo de la Teoría Económica. La cual ha ampliado el ámbito de la investigación económica cuantitativa.
2. El aumento en el uso y recopilación de la información.
3. El avance de las técnicas estadísticas y matemáticas.
4. El desarrollo de las computadoras.

Se pueden consultar en la literatura econométrica diversos estudios que muestran la variedad de temas que abarca, destaca el pronóstico de variables macroeconómicas (Ivanyuk, 2018), y el estudio de la inflación (El- Shagi, 2011) así como las tasas de interés y el producto interno Bruto (Fernández *et al.*, 2017; Simionescu, 2014). Existen otras áreas en donde la econometría no se ha desarrollado ampliamente, como es el caso de la educación, la estimación de quiebras bancarias (Rubicondo, 2013) o la evaluación del riesgo de crédito basado en redes sociales (Yanga *et al.*, 2016).



### 3.3 Modelo de Probabilidad Múltiple con Información Cualitativa

Generalmente la práctica de la ingeniería está encaminada al análisis de fenómenos cuantitativos. Cuánta energía por hora, cuántos metros por segundo, intensidad del campo magnético son solo algunos ejemplos de lo que se enfrenta comúnmente en las ingenierías y ciencias exactas. Sin embargo, en muchas ocasiones es necesario incluir información cualitativa. La raza, la región, el género, el estado civil, son consideradas variables cualitativas. En muchas encuestas, como las que realiza el INEGI, la información se considera dicotómica, ya sea hombre o mujer, si tiene o no computadora, si es del norte o es del sur, si hablan lenguas indígenas o no. Lo anterior se puede representar dentro de los modelos como cero/uno. A este tipo de variables se les denomina variables binarias o variables *dummy* (*ficticia*) denominación que no describe su función real, por lo menos en el castellano (Wooldridge, 2010).

Cuando se definen las variables binarias es indispensable elegir cuál de ellas tomará el valor de cero y cual tomará el valor de uno, por ejemplo, en diversos estudios se necesitará introducir el género, ya sea hombre o mujer, o si es casado o no. Entre las variables financieras más comunes, se encuentran: si es desempleado o no, si tiene tarjeta de crédito, si tiene un seguro médico, o si acaso tiene acceso a crédito hipotecario, todos importantes, cuando surge la necesidad de conocer cuál es la capacidad de pago de una persona (Yanga *et al.*, 2016).

La situación a la que se enfrentan los individuos cuando se proponen modelos con respuesta binaria, es que se debe tomar una decisión entre dos alternativas y que tal decisión depende de ciertos factores que se pueden medir o por lo menos observar.

Supongamos que una persona necesita obtener un crédito de alguna institución bancaria. La persona debe acudir a la sucursal de interés y llenar un formulario en donde debe introducir datos como la edad, el estado civil, ingresos y el género por mencionar algunos.

El modelo de regresión lineal múltiple, para el ejemplo anterior, se puede representar de la forma siguiente:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k + u$$

En donde  $y$  es bi-variada y representa la probabilidad de pago, de un individuo en particular, sobre el crédito que se le otorgará. Así,  $y$  está acotada entre cero y uno, las  $\beta_j$ , corresponden a las ponderaciones del modelo, y las  $x_j$  corresponden a las variables explicativas, finalmente  $u$  corresponde al error asociado al modelo.

Pero la entidad que otorgará el crédito desea saber si el resultado se puede expresar en términos de una probabilidad. Suponiendo que la media de los errores  $u$  es independiente de las variables explicativas (independencia de la media) esto es que:  $E(u/x_1, x_2, \dots, x_k) = 0$  entonces se tiene que:

$$E(y|x_1, \dots, x_k) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k$$

Y si

$$P(y = 1|x_1, \dots, x_k) = E(y|x_1, \dots, x_k)$$

Entonces

$$P(y = 1|x_1, \dots, x_k) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k$$

Ecuación I

Donde  $P(y = 1|x_1, \dots, x_k)$  representa la probabilidad de éxito, es decir

$p(x) = P(y = 1|x_1, \dots, x_k)$  es una función lineal de las variables  $x_j$

La ecuación I se conoce como la probabilidad de respuesta. En la literatura se les conoce como Modelos de Probabilidad Lineal y muy a menudo se encuentran abreviados como MPL (Wooldridge, 2010).

Los modelos de probabilidad lineal múltiple permiten estimar el efecto de diversas variables explicativas sobre un evento cualitativo. Con lo anterior, es posible que las instituciones bancarias puedan construir un modelo de regresión lineal múltiple para cada cliente en particular, con información que involucre variables cualitativas como el género, el estado civil, si tiene cuenta de Facebook, si tiene automóvil, si es religioso o no, etc., y así obtener la probabilidad de que dicho cliente liquide sus deudas a tiempo. La correcta interpretación de los resultados, será lo que le proporcionará veracidad al estudio.

Existirán dos tipos de variable que se deben diferenciar:

- Las variables endógenas, las cuales dependen de la evolución del modelo.
- Las variables exógenas, cuyo valor no depende de la evolución del modelo.

De manera general el propósito de un modelo de elección cualitativa, es determinar la probabilidad de que un individuo con un conjunto determinado de atributos, tomará una decisión. El objetivo del modelo es encontrar la relación existente entre estos atributos que describen a una persona o institución, según sea el caso, y también la probabilidad de que hagan una elección determinada.

Entre las aplicaciones de los modelos de probabilidad lineal, se puede encontrar que son algoritmos muy populares en el área de la química. Empleados para seleccionar variables predictivas significativas y a su vez utilizar las variables para alimentar otros modelos generando estudios más robustos. Por ejemplo, para conocer qué tan biodegradable es un compuesto químico orgánico y predecir la tasa de biodegradación del mismo, se necesitan

conocer las variables explicativas del modelo. Tang *et al.* (2020) construyeron dos modelos de regresión lineal que indicaron cuáles eran las variables con un alto grado de significancia y así incluirlas en otros modelos.

### 3.4 Modelos logit/probit

El modelado estadístico es esencial y de particular relevancia para los negocios, la economía, las ciencias sociales, la ingeniería y las matemáticas aplicadas, pero también lo es para la comprensión de los sistemas financieros en general (Chen *et al.*, (2018).

Los modelos de regresión logística, son los modelos de elección discreta más usados en la actualidad (Aggarwal, 2020), existen diversidad de familias de modelos discretos que se usan en igualmente diversas áreas del conocimiento, tanto *logit* y *probit*, como modelos mezclados, que consideran la interacción entre los atributos de los distintos problemas.

Los modelos *logit* tienen como principal característica considerar que cada una de las alternativas que se tienen, se pueden visualizar como un conjunto de atributos deseados por el tomador de decisiones, el cual elige entre una variedad de alternativas para maximizar la utilidad de las mismas (Aggarwal, 2020).

Los modelos de regresión logística juegan un importante rol en lo que conocemos como *Machine Learning*<sup>35</sup>. Este modelo es considerado el más adecuado para los problemas de clasificación y está fundamentado en una asociación de conceptos y teorías estadísticas muy sólidas (Hastie *et al.*, 2011).

Numerosas aplicaciones se han dado, en todo el mundo, a los modelos de regresión logística. En particular el estudio de *patrones de arrecifes de coral en aguas de los Emiratos Árabes Unidos (EAU)*, mediante análisis de datos de panel y modelos *logit* y *probit* multinomiales (Haïfa Ben Romdhane *et al.*, 2020), habla de los peligros asociados al cambio climático, que estos seres vivos resienten en las últimas décadas, en dicho estudio se utilizaron parámetros de calidad del agua, obtenidos por satélite e *in situ*, de nueve entornos clave de arrecifes en los EAU, desde 2011 hasta 2014, para modelar patrones de comportamiento del coral. El objetivo fue modelar los patrones que actuaban en detrimento del coral, así como su intensidad asociada a las variables de cambio ambiental.

Los modelos de regresión logística son ampliamente usados en el área financiera. Usando modelos *logit* y *probit*, es posible evaluar el riesgo financiero para crear instrumentos que proporcionen servicios de seguros al sector bancario, sujeto, por ejemplo, de crímenes virtuales, y mitigar sus altos costos cuando son víctimas de ello. Los ciber- seguros pueden ayudar a reducir la carga financiera de las organizaciones, ya que las aseguradoras indemnizarían las pérdidas. Mukhopadhyay *et al.*, (2017) argumentan que los modelos estocásticos no lineales, como *logit* y *probit*, pueden ser las opciones preferidas para la

---

<sup>35</sup> El aprendizaje automático o *Machine Learning* es un método científico, con el cual, se extraen patrones y relaciones contenidos en la información, mediante el uso de las computadoras. Esos patrones se pueden usar posteriormente para predecir comportamientos y en la toma de decisiones (Valdéz, 2017).

evaluación del riesgo financiero, ya que los ataques cibernéticos pueden estar asociados con probabilidades, pero también a que el número de ataques en un año determinado, es independiente de los ataques en años anteriores.

Los modelos de probabilidad múltiple, vistos en la sección anterior, son el antecedente necesario para explicar los modelos *logit* y *probit*. Como se mencionó antes, estos modelos requieren que la variable explicada se mantenga dentro del intervalo  $[0,1]$ .

Derivado de ello, y para asegurar que  $P$  se encuentre dentro del intervalo antes mencionado, se necesita una función monótona positiva que mapee<sup>36</sup> el predictor lineal:

$$\varphi = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 = \mathbf{x}^t \boldsymbol{\beta}$$

Al intervalo de interés  $[0,1]$ .

En consecuencia, se considera una clase de modelos de respuesta binaria de la forma:

$$P(y = 1|x_i) = G(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k) = G(\beta_0 + \mathbf{x}\boldsymbol{\beta})$$

En donde  $G$  es una función que asume valores estrictamente entre cero y uno, para todos los números reales  $z$ ,  $P$  es la probabilidad de ocurrencia dado un conjunto de información. En general se han propuesto múltiples funciones no lineales para la función  $G$  con el fin de asegurar que las probabilidades se encuentren en el intervalo. En este trabajo se mencionan las dos más comunes.

Para el modelo **logit** la función logística  $G$  corresponde a:

$$G(z) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

Donde  $Z = (\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k)$

Otra forma de representar la ecuación anterior es la siguiente:

$$P = E(y = 1 | x_i) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k)}}$$

Por simplicidad se escribe como

$$P = E(y = 1 | x_i) = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}}$$

Ecuación II.

La ecuación II representa lo que se conoce como función de distribución logística acumulada. No es trivial comprobar que a medida que  $Z_i$  se encuentra dentro de un rango de  $-\infty$  a  $+\infty$ ,  $P$  se encuentra dentro de un rango 0 a 1 y que  $P$  no se encuentra linealmente relacionado con

---

<sup>36</sup> Mapeo, función o aplicación, se refiere a una regla que asigna a cada elemento de un primer conjunto, un único elemento de un segundo conjunto.

Z. Es decir que el logaritmo de la razón de probabilidades es lineal en los parámetros y en las  $X_i$ .

Si de la ecuación II se desean obtener la probabilidad de no tener éxito, entonces se representaría de la siguiente forma:

$$1 - P_i = \frac{1}{1 + e^{-z_i}}$$

Y así tenemos:

$$\frac{P_i}{1 - P_i} = \frac{1 + e^{z_i}}{1 + e^{-z_i}} = e^{z_i}$$

Ecuación III

Donde

$$\frac{P_i}{1 - P_i}$$

Es la razón de probabilidades.

Si se obtiene el logaritmo natural de la ecuación 3 se obtiene lo siguiente:

$$\ln \left( \frac{P_i}{1 - P_i} \right) = Z_i = \beta_1 + \beta_2 X$$

Esto quiere decir que el logaritmo de la razón de probabilidades, es lineal al conjunto de información. Aun cuando la función es lineal en  $X$ , las probabilidades no lo son, esta propiedad se opone al modelo probabilidad lineal.

Para el modelo **probit**,  $G$  es la función de distribución acumulada estándar que se expresa como una integral:

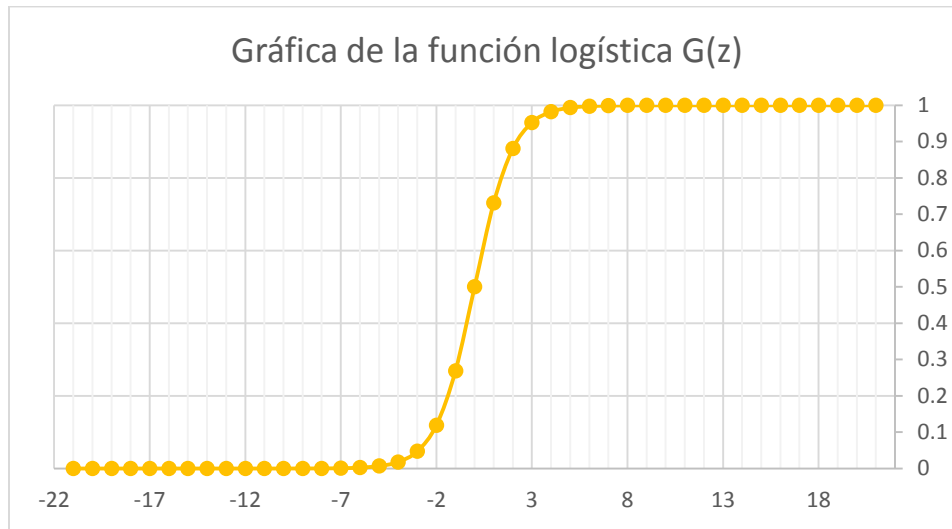
$$G(z) = \Phi(z) \equiv \int_{-\infty}^z \phi v dv$$

Donde  $\phi(z)$  es la densidad normal estándar

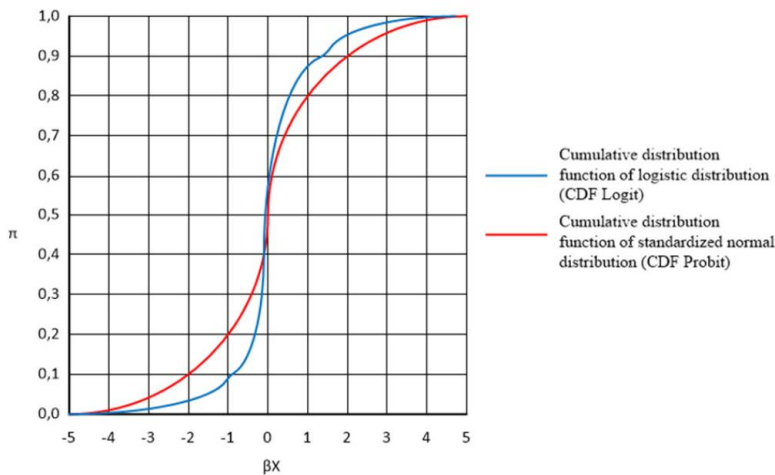
$$\phi(z) = (2\pi^{-1/2} e^{-\frac{z^2}{2}})$$

Esta función nuevamente asegurará que la probabilidad  $P$  se encuentre entre cero y uno para todos los valores de los parámetros y las  $x_j$

La función no lineal para  $G$ , que se utilizará para el presente trabajo, es la correspondiente al modelo *logit*. Esta, será la función de distribución acumulada para todos los números reales  $z$ . Las funciones  $G$ , tanto para modelos *logit* como para modelos *probit*, son funciones crecientes.



**Gráfica 18.** Función logística, Wooldridge (2010).



**Gráfica 19.** Comparación entre los modelos *logit* y *probit*. Fuente: Klieštík *et al.*, 2015.

Dada la similitud de las dos gráficas, ya sea que se utilice un modelo *logit* o un modelo *probit*, los resultados no presentarán variaciones importantes entre sí. Esto es debido a la velocidad con la que se acercan a los valores extremos, como se puede observar en la gráfica 19. La gráfica de la función logística (azul), es más achatada que la normal (roja), esto significa que la normal, alcanza más rápidamente los extremos, sin embargo, la función  $G$  correspondiente al modelo *logit*, es mucho más sencilla y por tanto más usada, que la del modelo *probit* (Wooldridge 2010).

El modelo *logit* tiene dos ventajas prácticas, al contrario del modelo *probit*, a pesar de su similitud mutua (German, 2008):

- Simplicidad: la ecuación de la función de distribución logística es muy simple, mientras que la función de distribución acumulada normal contiene una integral no cuantificada.
- Interpretabilidad: la transformación lineal inversa del modelo *logit*, puede interpretarse directamente como un logaritmo de probabilidades, mientras que la transformación inversa de *probit* no tiene interpretación directa.

La regresión logística también elimina las desventajas del análisis discriminante: no supone la distribución normal de variables independientes, ni tampoco la homogeneidad de la matriz de varianzas y covarianzas<sup>37</sup> (Kollár *et al.*, 2014).

Los modelos de regresión logística han tenido un amplio desarrollo en los últimos años, por ejemplo, Zhang *et al.*, (2017) desarrollaron a gran escala, un modelo *probit multinomial*<sup>38</sup> de elección de ruta de los usuarios en la red de metro. Uno de los múltiples usos que se le puede dar a estos modelos en el área de transporte. Dado el gran crecimiento que ha tenido China y a su vez, ciudades como Shangai o Guangzhou en sus sistemas de transporte subterráneo, algunos estudios recientes subrayan la importancia que tiene mejorar el servicio.

Así que, realizar estimaciones, puede ayudar a conocer el comportamiento de los usuarios de la red, y a su vez, mejorar el servicio. Para realizar el modelo, son tomadas en cuenta variables como el nivel de servicio, mediciones de la dirección de cada ruta, tiempo de viaje, número de transbordos, nivel de congestión, entre otros, usando información obtenida a través de encuestas origen-destino cara a cara.

Las ciudades alrededor del mundo se caracterizan por la existencia de diferentes tipos de suburbios en sus alrededores, muchas de ellas son de alta plusvalía, no así la mayoría, cuya población tiene dificultades para conseguir empleo, seguridad social y además están expuestos al crimen y la exclusión social. El fenómeno anterior se conoce como segregación urbana.

Estudiar cómo afectan los tiempos de traslado en la red de transporte, el número de hospitales por región y número de habitantes o la calidad de los servicios urbanos, cobra importancia cuando se necesita tomar decisiones en la aplicación de los recursos, que manejan los gobiernos locales, estatales y federales para así disminuir la segregación urbana a través de la implementación de políticas públicas.

Sin embargo, seleccionar un modelo no siempre es sencillo. En los últimos años, la tarea de “seleccionar el modelo” ha sido criticada por ignorar la incertidumbre inherente al proceso. Se ha comprobado que realizar un promedio de todos los modelos propuestos, ofrece más certidumbre, que seleccionar uno solo de ellos, dentro de la enorme diversidad que existe. Lo anterior generado por el riesgo asociado a la elección de algunos modelos que han resultado ser muy pobres (Chen *et al.*, 2018).

El promedio de los modelos disponibles, es un enfoque fundamentalmente distinto al aprendizaje automático o mejor conocido como *machine learning*, ampliamente promovido y utilizado. En contraste con el promedio del modelo, el proceso de agregar secuencialmente nuevos modelos al conjunto existente, crea un nuevo espacio de modelo que es más complejo que el original. Davidson *et al.*, (2006) mostraron que cuando existe una considerable

---

<sup>37</sup> Una matriz de varianzas-covarianzas, es una matriz cuadrada que contiene las varianzas y covarianzas asociadas con diferentes variables. Los elementos de la diagonal principal de la matriz, contienen las varianzas de las variables, mientras que los elementos que se encuentran fuera de la diagonal contienen las covarianzas entre todos los pares posibles de variables. Fuente: Soporte de Minitab 18. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/anova-statistics/what-is-the-variance-covariance-matrix/>

<sup>38</sup> La distribución multinomial es una generalización de la distribución Binomial.

incertidumbre con respecto al modelo original, es preferible utilizar el promedio de todos los modelos en lugar de recurrir a la construcción de un modelo demasiado complejo y con ausencia importante de datos.

Uno de los estudios más recientes que ha utilizado regresión logística, es el que propusieron Azharia *et al.* (2020) para clasificar el Bosón de Higgs. El Bosón de Higgs es una partícula elemental que le da masa a todo el mundo natural, por lo que se han propuesto métodos que permitan descomponer la señal obtenida, de los eventos de fondo. La señal que se analiza está compuesta por el decaimiento de las partículas exóticas. Así, se utiliza el modelo de regresión logística para obtener una respuesta binaria usando el módulo *machine learning*, incluido en *Apache Spark* una herramienta de *big data* el cual incluye regresión logística (*LR*), árbol de decisión (*DT*), bosque aleatorio (*RF*) y árbol potenciado por gradientes (*GBT*) y comparan la precisión de estos métodos (Azharia *et al.*, 2020).

### 3.5 Conclusiones

La econometría se considera una ciencia nueva que aún no ha visto su punto más alto de desarrollo. Usualmente el objetivo de cualquier estudio econométrico, consiste en la búsqueda de relaciones matemáticas que permitan explicar el comportamiento de una variable económica, a partir de la observación en el tiempo de otras variables diferentes, denominadas variables explicativas.

Existen muchos modelos de regresión, entre los que se encuentran, los simples, lineales, asintóticos, pasando por los modelos de respuesta cualitativa de regresión con series de tiempo hasta los modelos con ecuaciones simultáneas, entre otros.

La regresión logística es un método matemático-estadístico estándar que se ha usado durante décadas. Comúnmente se aplica en casos donde la variable dependiente no es continua, sino más bien binaria o dicotómica. El análisis *logit-probit* se caracteriza por la predicción de la probabilidad de que un evento ocurra o no (Klieštík *et al.*, 2015).

El modelo *logit* utiliza una función de distribución logística, siendo distinto al modelo *probit* ya que su función de distribución es normal.

El uso de estos modelos permite incorporar variables explicativas que no necesariamente son cuantitativas. Así, es posible ingresar información cualitativa como: la ascendencia indígena, el sexo, si tiene una cuenta de Facebook o no, entre otras, y utilizarla para conocer el comportamiento del fenómeno bajo estudio.

Los modelos de probabilidad, por lo general, presentan un porcentaje de error que debe ser considerado en el tratamiento de los métodos de regresión. Omitir este hecho conducirá a interpretar erróneamente los resultados obtenidos.



A diferencia de otros métodos matemáticos- estadísticos, los modelos *logit* requieren un tratamiento cuidadoso, tanto en la selección de las variables explicativas, las cuales se deben fundamentar en estudios previos, como en la correcta limpieza y tratamiento de los datos. La ausencia de lo anterior no podrá dar certeza a los resultados obtenidos, por lo que esta etapa será la más importante del presente estudio.

En consecuencia se llevará a cabo un análisis de la información y se construirán modelos *logit* para cada una de las variables explicativas que se han documentado. Lo anterior, con la finalidad de encontrar relaciones entre la educación y la inclusión financiera, variables explicadas, y la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera 2018, variables explicativas, que describe los hábitos financieros de la población en México. El resultado será una probabilidad de suceso, que posteriormente se utilizará para calcular la incertidumbre de esa población.

## **4. CAPÍTULO IV: PARÁMETROS DEL MODELO Y CÁLCULO DE LA ENTROPÍA**

*Para encontrarte a ti mismo, piensa por ti mismo.*

*Sócrates*

## 4.1 Introducción

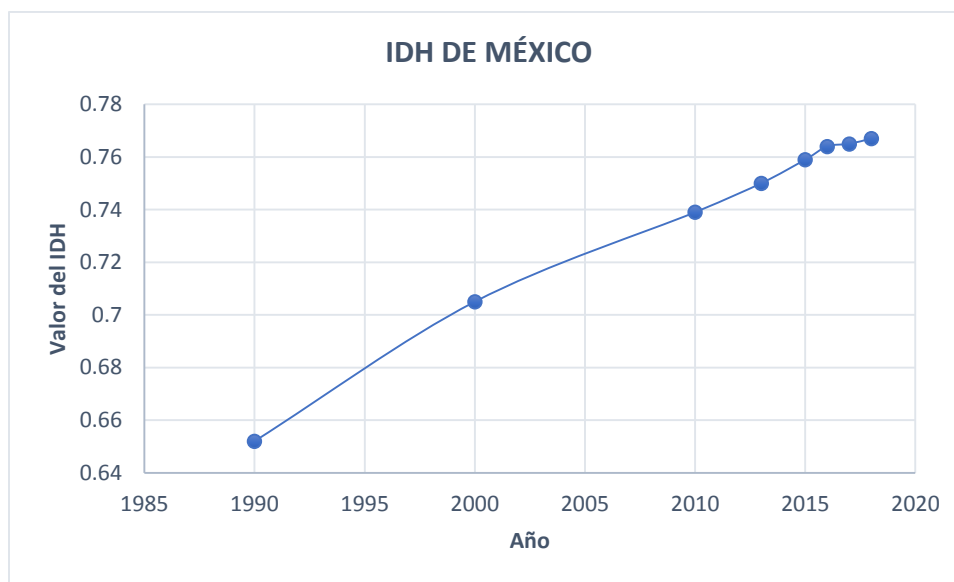
A lo largo de los capítulos anteriores, se ha realizado una revisión de la literatura que intenta contextualizar el interés social que pretende abordar el presente trabajo, el cual principalmente está enfocado en atender las deficiencias que se puedan encontrar, derivado de la medición de la incertidumbre financiera de las personas. Aristóteles afirmó que: “la riqueza no es, desde luego, el bien que buscamos, pues no es más que un instrumento para conseguir algún otro fin”.

A la idea de riqueza se encuentra asociado el concepto de desarrollo regional el cual es “un proceso que afecta a determinadas partes de un país llamadas regiones” (ILPES, 1980) pero también se puede entender “cómo el proceso de cambio sostenido que tiene como finalidad el progreso permanente de la región y de cada individuo en ella” (Boisier, 1996)

En la actualidad existen diversidad de formas que miden el bienestar de las personas. Como ejemplo, se presenta el propuesto por la ONU<sup>39</sup>, una de las más difundidas, y referente internacional, dada la importancia de la institución que lo ha realizado anualmente.

Compuesto por una serie de indicadores, el Índice Desarrollo Humano (IDH) está definido por tres variables: la esperanza de vida, la educación y el Producto Interno Bruto (IDH, 2019).

Este índice posee la cualidad de su aceptación y estandarización en los ámbitos nacional e internacional, ésta característica permite efectuar comparaciones a través del tiempo. México aparece en la lista desde la década de los 80’s, y ha registrado paulatinamente un ascenso en la misma, que lo ubica por encima de la media. Gráfica 20.



**Gráfica 20.** Índice de Desarrollo Humano (IDH). Realizada con información de Naciones Unidas 2020. Consultada el 07/09/2020 de: <http://hdr.undp.org/en/content/table-2-human-development-index-trends-1990%E2%80%932018>.

<sup>39</sup> Organización de las Naciones Unidas, CEPAL (2020).

Lo anterior, sirve para ilustrar la importancia que tiene utilizar más de una variable de influencia, en este caso, para un concepto tan amplio como el desarrollo regional.

El desarrollo regional es el proceso generador de riqueza económica, de bienestar social y de sustentabilidad, que cuando se manifiesta en igualdad de oportunidades para todos, tiende a reflejarse en la armonía de las propias ciudades y regiones. En este tipo de desarrollo se manifiestan de manera especial las desigualdades regionales, la falta de eficiencia productiva y la pérdida de competitividad lo que, de acuerdo con Velasco *et al.*, (2008) se resume en la entropía que posee la región.

## 4.2 El modelo y las variables

El modelo de probabilidad que se quiere construir necesita de variables explicativas que estén relacionadas con la educación financiera, para conocer la probabilidad de que las personas tengan educación financiera o no.

Para elegir las variables explicativas se ha considerado la literatura. Por ejemplo, el conjunto de datos que Brown *et al.*, (2015) utilizaron para sus estudios con un modelo *tobit*<sup>40</sup>, incluyen información obtenida del *Panel Study of Income Dynamics*<sup>41</sup>(PSID) realizado en el Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad de Michigan desde 1968 hasta el 2011. Las variables incluidas en el conjunto de datos son: deuda no garantizada, deuda de la tarjeta de crédito; deuda garantizada, por ejemplo, deuda hipotecaria; activos financieros no relacionados con la vivienda, porcentaje de acciones, así como participaciones y activos de la vivienda.

Una variable que Levenko (2020) considera importante, es la tasa de desempleo, ya que puede considerarse como un componente retrospectivo que posee información valiosa acerca del pasado de las personas.

La inflación también puede afectar el ahorro de diversas formas, una de ellas, es por medio de la incertidumbre, estrechamente relacionada con la tasa de interés que se ofrece en los bancos. Otras variables de interés, incluidas en estudios similares son: la tasa de ahorro, tasa de desempleo, expectativas de desempleo, ingresos, crédito e inflación (Taylor *et al.*, 2009; Juster *et al.*, 1972).

Yanga *et al.*, (2016) consideraron importantes las variables como la relación activo corriente/deuda corriente, activo líquido / deuda corriente, deuda total / activo total entre otros, para medir el riesgo de crédito en los inversionistas chinos que usan las dos redes sociales más populares de su país.

---

<sup>40</sup> El modelo Tobit es un modelo estadístico propuesto por James Tobin para describir la relación entre una variable dependiente no negativa y una variable independiente. El término Tobit fue acuñado por la fusión de las primeras letras de su creador Tobin con la terminación *it*, que alude a los modelos *logit* y *probit* (Wooldridge, 2010).

<sup>41</sup>El Panel Study of Income Dynamics (PSID) es la encuestadora de hogares más grande del mundo. Consultada el 30/08/2020. Recuperado de: <https://psidonline.isr.umich.edu/>

Por otro lado, las personas con más alto poder adquisitivo pueden tener una mayor motivación y oportunidades para utilizar el soborno y el fraude, con el fin de preservar e incluso escalar en su estrato social (You *et al.*, 2005) pero también, las personas con bajos ingresos, pueden tratar de obtener un ingreso ilegal para mantener sus vidas (Ata *et al.*, 2011).

En un principio se ha mencionado que la exclusión financiera incentiva a la corrupción y a la delincuencia organizada a través de la creación de empresas fantasma que utilizan, por ejemplo, las remesas, para lavar dinero en el mercado negro del peso. Así que el nivel de educación también modifica la tolerancia/intolerancia a la corrupción. Estudios anteriores consideran que la corrupción disminuye cuando los ciudadanos están más educados, dada su mayor capacidad para controlar a sus políticos (Ferraz *et al.*, 2011).

Destaca un estudio realizado por Benito *et al.* (2017), llamado: ¿Pueden los salarios y la reelección prevenir la corrupción política? Una evidencia empírica. En el estudio utilizan un moldeo *logit* para determinar si las variables corrupción y nivel salarial son representativos de la corrupción en los políticos.

Las estimaciones revelan que la corrupción depende del grado de desigualdad en la distribución del ingreso familiar en el municipio<sup>42</sup> bajo estudio, es decir, una alta desigualdad significa una mayor corrupción. En los municipios con un alto nivel de desigualdad, tanto los ricos como los pobres pueden tener incentivos para ser corruptos. Mientras que las personas ricas pueden tener una mayor motivación para usar el soborno y el fraude para preservar y ascender en su estatus social, las personas pobres, por otro lado, pueden tratar de obtener un ingreso ilegal para ganarse la vida. Aunque sustancialmente diferentes en el fin, los medios para obtener dicho recurso se consideran corrupción (Benito *et al.* 2017).

De manera similar, un análisis regional de la educación financiera, fue realizado por Cucinelli *et al.* (2019) entre los administradores italianos, utilizando la regresión multinivel, además de los factores demográficos, remarcando el papel fundamental de variables como las condiciones del mercado laboral y la formación de capital humano, y se subrayó el grado de pobreza que impactó en la educación financiera individual. Por lo tanto, las diferencias en la distribución regional de la educación financiera apuntan a diferencias en las variables sociales, económicas (ingreso *per cápita*) y educativas. Entonces, los contextos locales se vuelven muy relevantes para la distribución de ingresos, y la idea que la sociedad tiene con respecto a la educación financiera. Tener un grado educativo o estar calificado para algún puesto técnico específico influyen de forma positiva en el empleado, como lo explica la teoría del capital humano (Becker, 1964).

### 4.3 Variables Independientes.

Las variables independientes corresponden a los hábitos, acciones o características de la población bajo estudio. Y se pueden identificar fácilmente, ya que distinguen a los individuos

---

<sup>42</sup> De acuerdo con el estudio consultado, un municipio corresponde a una localidad con más de 20,000 habitantes.

con información cualitativa o cuantitativa. A continuación, se muestran las variables independientes utilizadas en este trabajo:

	Variable Independiente
1	Índice de pobreza
2	Sexo
3	Edad
4	Número de dependientes
5	Paga a tiempo sus deudas
6	¿Puede Ahorrar en su cuenta?
7	¿Prefiere gastar que ahorrar?
8	¿Tiene fondos de inversión?
9	¿Tuvo préstamo bancario
10	¿Personas que viven en la misma casa?
11	¿Comparten el gasto?
12	¿Tiene crédito bancario?
13	¿Grado de aprobación de la escuela?
14	¿Ha empeñado para salir de deudas?
15	¿Lleva un registro de sus gastos?
16	¿Ha tomado cursos?

**Tabla 4.** Variables independientes del modelo. Elaboración propia

La probabilidad de que las personas en México posean o no educación e inclusión financiera será modelado con los datos abiertos provenientes de la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (ENIF) 2018.

Para el índice de pobreza, se realizó un ajuste a los datos ya que la ENIF<sup>43</sup> estaba estructurada con preguntas como: ¿cuánto gana? y ¿cada cuándo? Para homogeneizar los datos, se ajustaron las respuestas de tal forma que se tuviera un ingreso mensual, si este ingreso mensual resultaba menor a \$11,000, que es el umbral de la pobreza establecido por el CONEVAL (2018), esta persona se consideraba pobre, y si superaba esa marca, entonces no se consideraba pobre. Así se obtuvo una variable dicotómica.

<sup>43</sup> Encuesta Nacional de Inclusión Financiera 2018

Para la pregunta 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14 y 16 los datos se ajustaron de tal forma que resultaran dicotómicos, entre 0 y 1.

Para la pregunta 7 ¿prefiere gastar que ahorrar?, se tenían 5 niveles de respuesta. Tres de ellos (3, 8 y 9)<sup>44</sup>, nunca, no responde y no sabe, respectivamente, se colocó el valor 3, es decir nunca. Se conservó el nivel 1 y 2, siempre y algunas veces<sup>45</sup>.

Para la pregunta 10 se conservó la respuesta original, no se alteró la escala de los datos.

La pregunta 13 también conservó su carácter ascendente, esto para mostrar una relación directa al aumento o disminución de los años aprobados en la escuela.

Para la pregunta 15 existía una serie de respuestas del 1 al 4 en donde se preguntaba ¿cómo llevan su registro de gastos? Se asume que contestaron: sí, a la pregunta ¿llevaban un registro de gastos? y se asignó un valor 1 a la respuesta sí, y 0 a todos los demás, que quiere decir que no llevan registro de sus gastos.

Este tipo de variables también se conocen como variables explicativas, lo que significa que repercuten en las variables explicadas o dependientes. Así se estudiará si estas variables repercuten en la variable dependiente, en qué medida y si posiblemente causarán un efecto en el fenómeno a estudiar. Es fácil deducir que mientras más variables independientes se tengan dentro del modelo, la variable dependiente se explicará más ampliamente.

#### 4.4 Variables Dependientes

De acuerdo con la revisión de la literatura, se consideraron dos tipos de variables. Las que están relacionadas con la educación financiera y las que lo están con la inclusión financiera.

Como se ha mencionado anteriormente, una persona tiene conocimientos financieros si sabe que es la inflación, conoce el principio de diversificación, y lleva un reporte de sus gastos, así como también, si declara haber tomado cursos de educación financiera.

Para modelar la inclusión financiera, se consideró la información que corresponde al acceso a: tarjeta de crédito, crédito de vivienda y crédito automotriz. Esta elección se realizó con base en la información disponible, pero considerando un modelo que fuera manejable, pero a la vez suficiente.

Algunas de las variables excluidas son: ¿tiene celular?, ¿tiene banca por celular?, ¿conoce los riesgos de darle su dinero a los bancos y que pasa en caso de quiebra?, ¿alcanzó a cubrir sus gastos el mes pasado? ¿Compara los productos financieros? y ¿le han rechazado una solicitud de crédito?

---

<sup>44</sup> Niveles definidos en la ENIF-2018

<sup>45</sup> Consultar la encuesta en el Anexo I de este documento.

Muchas de estas preguntas no resultaron relevantes en el proceso de análisis de regresión logarítmica, por lo que fueron excluidos del estudio para determinar cuáles eran las variables que sí presentaban relevancia.

Las siguientes son las variables dependientes que se han utilizado para el modelo. Dichas variables están divididas en dos categorías. La primera es donde se encuentran las preguntas relacionadas con la educación financiera. La segunda, es donde se encuentran las preguntas relacionadas con la inclusión financiera, que como se ha documentado en diversos artículos y en publicaciones de la OCDE (2017), ONU (2020) y el INEGI (2018), son los factores considerados como coadyuvantes para incrementar la estabilidad financiera de las personas, así como influir en el desarrollo regional y nacional de las economías que los estimulan.

	Educación Financiera	Inclusión Financiera
1	¿Conoce el concepto de inflación?	¿Tiene tarjeta de crédito?
2	¿Conoce el concepto de diversificación?	¿Tiene crédito de vivienda?
3	¿Ha tomado cursos de educación financiera?	¿Tiene crédito automotriz?
4	¿Alcanza a cubrir sus gastos con lo que gana?	¿Lleva un registro de gastos?
5	¿Podría pagar sus deudas?	¿Tiene banca por celular?
6	¿Lleva un registro de gastos?	

**Tabla 5.** Clasificación de las variables explicativas. Elaboración propia con información de ENIF-2018

#### 4.5 Procedimiento Metodológico

En la práctica se presentan situaciones en las que es necesario tomar decisiones con base en información cualitativa y cuantitativa. Es frecuente que lo anterior se lleve a cabo de manera automática, haciendo uso, únicamente de un razonamiento lógico. Sin embargo, en otras situaciones la toma de decisiones tiene el objetivo de determinar una estrategia óptima y requiere de un análisis más profundo, para lo cual, la mera intuición es insuficiente. Por ejemplo, para una entidad financiera es de gran utilidad disponer de un modelo, alejado de la mera intuición, que le ayude a decidir sobre otorgar o no un crédito. La entidad debe evaluar la probabilidad de que el cliente devuelva el dinero, lo cual será un hecho positivo para la entidad, o bien que el cliente llegue a ser moroso, y esto representará un hecho negativo para la misma.

Ante ésta problemática, en dónde se requiere una elección binaria, los modelos de probabilidad son de gran ayuda para obtener estimaciones de lo que pueda suceder en el futuro. Una situación similar se presenta cuando se tiene acceso a información cualitativa y cuantitativa como la contenida en la ENIF 2018, y la necesidad de medir el grado de inclusión financiera y de educación financiera que puede tener una región en específico. Para el presente



trabajo, obtener una probabilidad para alimentar al modelo entrópico y así poder obtener la incertidumbre asociada, es necesario hacer uso de modelos dicotómicos que permitan evaluar la **probabilidad** de ocurrencia de cada una de las variables.

Es por eso que resulta esencial, utilizar un modelo que tenga variables independientes que puedan explicar el modelo, como pueden ser para el ejemplo anterior: otros préstamos, diferentes estratos económicos, diferentes salarios, diferentes niveles de escolaridad, entre otros, lo cual permita calcular la probabilidad de que el cliente cancele un préstamo.

La probabilidad de que una persona de cierta región del país, se encuentre incluida en el sistema financiero, alimentará el modelo de la entropía que nos permitirá estimar la incertidumbre generada por esa ausencia de inclusión financiera, en las 6 regiones del país bajo análisis. Pero primero se obtendrán los modelos que permitan obtener esa probabilidad.

Inicialmente se muestra el modelo más sencillo:

$$P_i = \alpha + \beta_i x_i$$

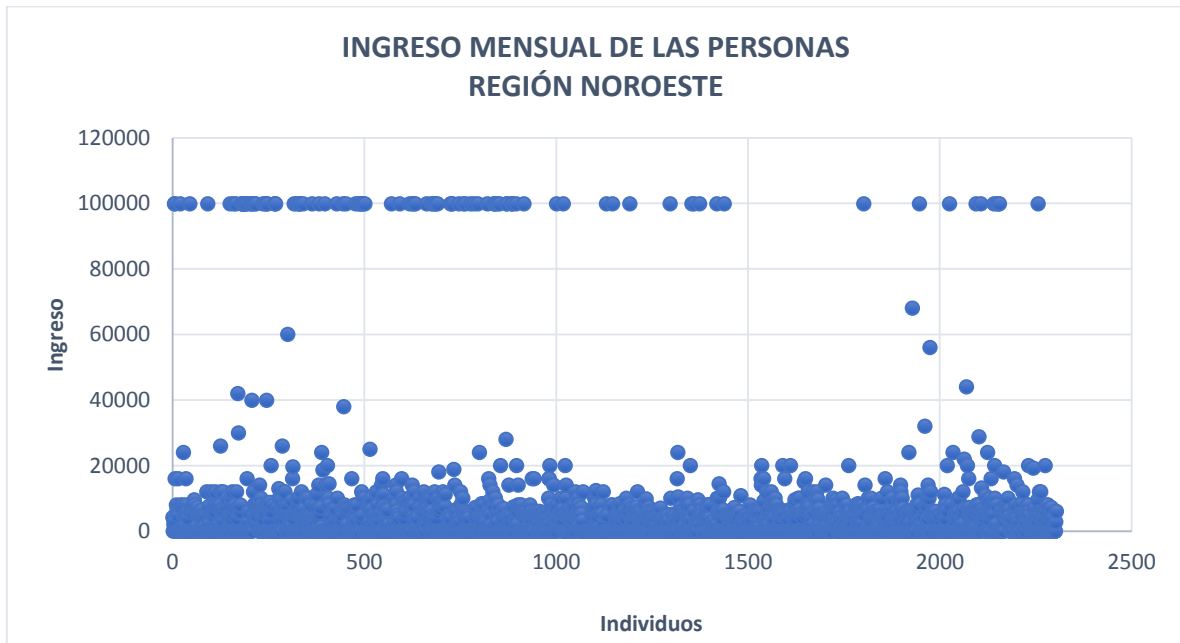
Dónde:

$$P_i = \text{La probabilidad de que algo suceda}$$

En este último apartado, se presenta un planteamiento de los modelos de elección dicotómica que, sin duda, es una herramienta invaluable para evaluar la posibilidad de que una persona pueda comprar, por ejemplo, un seguro de vida o, para el caso bajo estudio, la probabilidad de que una persona en cierta región del país tenga acceso al sistema financiero mexicano, representado por el acceso a tarjeta de crédito, crédito de vivienda y crédito automotriz.

Se realizará el modelo *logit* con los datos obtenidos de la ENIF 2018, de acceso libre, y las variables explicativas corresponderán, entre otras, a: edad, sexo, si tenían cuenta bancaria, ingreso, si tiene acciones, etc., con el fin de tratar de determinar cuál es la probabilidad de que estas personas, tengan una certeza financiera basada en los argumentos de los primeros capítulos, los cuales se dividen en: educación financiera e inclusión financiera. La variable dependiente denotada por  $y$ , representa la respuesta de los encuestados, acerca de si poseen o no tarjeta de crédito y cuya respuesta es dicotómica, siendo 0=no y 1=sí.

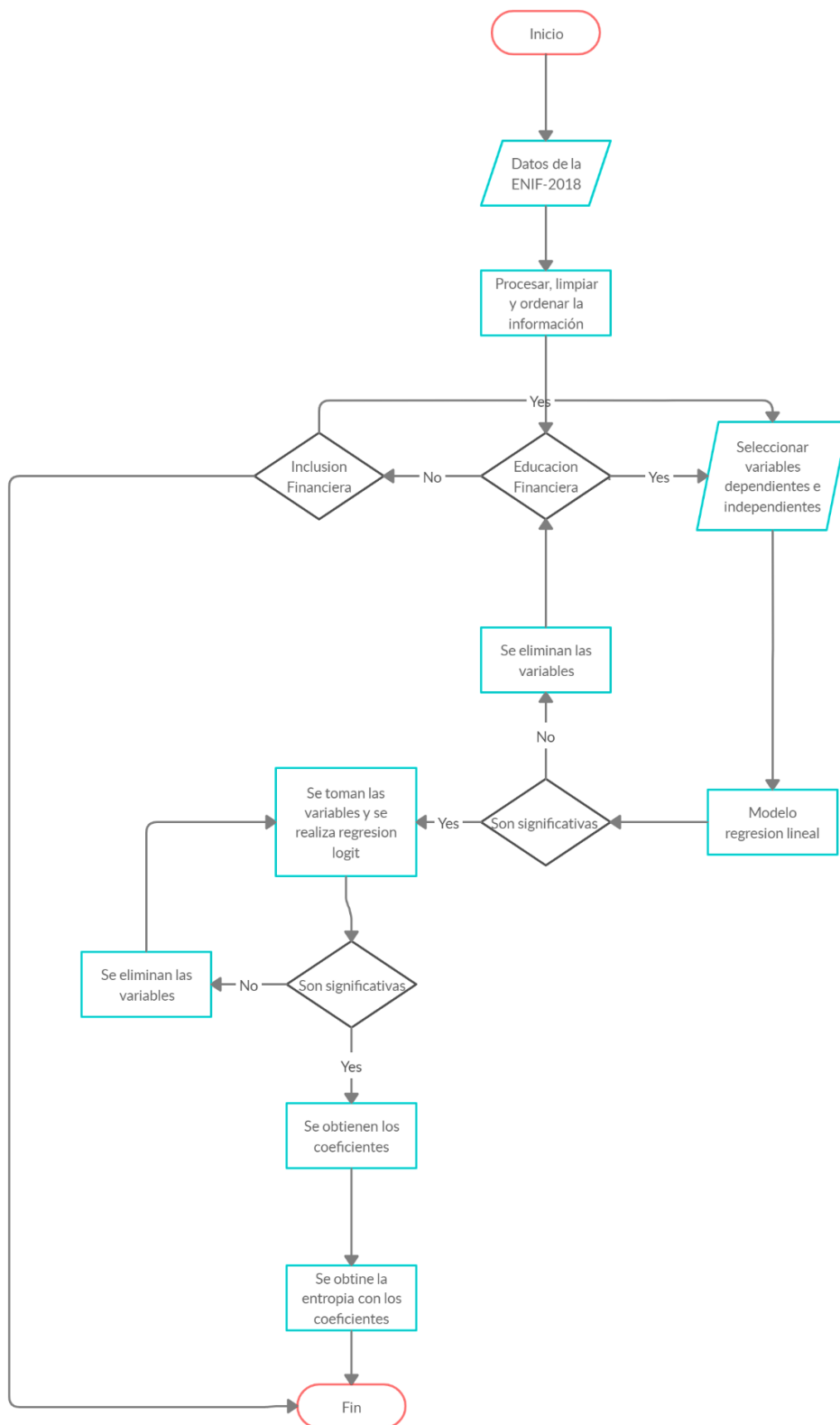
La variable de salario mensual se ha modificado debido a las características de los datos, la cual se cambió por una respuesta cualitativa: es pobre o no es pobre. En este rubro los organismos internacionales son menos exigentes para medir la canasta básica y la pobreza, para el Banco Mundial la canasta básica para considerar a un hogar pobre en México es de \$4,322.70 al mes y la cifra de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) es de \$9,172.30, en tanto que para el CONEVAL es de \$11,290.80 (CONEVAL 2018). Por tanto, se considerará que una persona se encuentra en pobreza si su salario se encuentra por debajo de los \$11,000.



**Gráfica 20.** Ingreso mensual de las personas que viven en la región Noroeste. Elaboración con información de Encuesta Nacional de Inclusión Financiera 2018.

Para obtener la entropía, es decir la incertidumbre financiera de las personas, dividido en las seis regiones del país antes mencionadas, primero se obtuvo la probabilidad de que una persona en determinada región tuviera inclusión financiera y educación financiera. Después se procesa la información y se lleva a cabo el modelo de regresión logística. Si las variables independientes son significativas, se obtienen los coeficientes y posteriormente a partir del modelo se obtiene la entropía (Gráfica 20).

Una vez que se obtienen todas las entropías disponibles de esa región, se obtiene un promedio de todas las entropías, obteniendo al final, la entropía de todos los estados de la república. Es importante agregar que el modelo *logit* se llevó a cabo por región, pero la entropía se obtuvo por estado, es decir no se obtuvo un modelo por estado sino por región. Las variables significativas por región se muestran en la Figura 11.



**Figura 11.** Algoritmo para la obtención de la entropía a partir del modelo *logit* y los datos obtenidos de la ENIF (2018). Elaboración propia.

## 4.6 Interpretación de los Coeficientes

Para los modelos de regresión logística, lo importante no es obtener valores específicos, sino la interpretación de los mismos. El resultado que se obtiene del modelo de regresión logística, corresponderá a un valor entre cero y uno, lo que se interpreta comúnmente, como una probabilidad. Esta probabilidad alimentará la ecuación de la entropía para estimar la incertidumbre financiera de las personas de cada región en particular. Al obtener la probabilidad, por ejemplo, se podría estimar que tan probable o no, es que una persona posea una tarjeta de crédito, lo cual, conforme a la revisión de la literatura, es una señal de inclusión financiera. De manera intuitiva, sabremos que, si el resultado del modelo es cercano a cero, se tendrá una baja probabilidad de suceso, y si el resultado fuese cercano a uno, la probabilidad de suceso será alta. Se interpreta el signo del coeficiente, ya que según el modelo que se utilice, la magnitud presentará cambios diversos. Un signo positivo significa que aporta más probabilidad de suceso mientras que un signo negativo aporta menos probabilidad de que suceda el evento. De ahí la importancia de interpretarlo correctamente (Wooldridge, 2010).

En la Tabla 6 se presenta una tabla con las variables significativas de los modelos correspondientes a la región 4, que corresponde a la Ciudad de México. El signo (+) simboliza una contribución positiva al modelo, mientras que el signo de (-) una negativa (Wooldridge, 2010). Como ejemplo se propone la variable Tarjeta de crédito, que alude a la inclusión financiera en la Ciudad de México. Si la persona gana menos de 11,000 pesos, es decir, es pobre de acuerdo con el CONEVAL (2018), tendrá una menor probabilidad de tener una Tarjeta de Crédito, pero si corresponde a una persona que puede ahorrar y lleva un registro de sus gastos, entonces las probabilidades de tener este instrumento financiero aumentarán. De la misma forma se pueden interpretar los coeficientes de toda la tabla. De acuerdo con la tabla 6, si una persona tiene ingreso superior a \$11,000, tiene la capacidad de ahorrar y además lleva un registro de sus gastos, la probabilidad de que tenga una tarjeta de crédito aumentará. Esto significa un punto a favor, para las personas con estas características, ya que estarán más cerca de poseer inclusión financiera y todo lo que conlleva dicho resultado. Las variables que no son significativas para el modelo, como la edad y el sexo, se les asignó el valor NA.

### REGIÓN 4

MODELO/#	intercept	Pobre	Edad	Sexo	Puede ahorrar	Préstamo bancario	Fondos de inversión	Registro gastos	Crédito bancario	Paga a tiempo
Inflación	+	-	NA	NA	NA	+	NA	NA	NA	-
Diversificación	+	-	-	NA	+	NA	NA	NA	NA	-
Registro gastos	+	NA	NA	NA	+	+	+	NA	-	NA
Cursos	-	NA	NA	NA	+	NA	NA	-	NA	NA
C. vivienda	-	NA	+	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA
C. auto	-	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tarjeta crédito	-	-	NA	NA	+	NA	NA	+	NA	NA

**Tabla 6.** Variables significativas del modelo de regresión logística perteneciente a la Región 4, Ciudad de México. Variables dependientes en filas e independientes en columnas. Elaboración propia con información obtenida de los modelos de regresión logística *logit*.

## 4.7 Cálculo de la Entropía

El modelo de regresión logística tiene como finalidad máxima obtener la probabilidad de que algún evento suceda. Sin embargo, dado lo vasto de los datos disponibles, es necesario segmentarlos, separando el carácter rural y urbano de los individuos. Para el caso en estudio, el interés se centra en la probabilidad de que una persona pueda o no estar incluida en el sistema financiero o que posea o no educación financiera. Una vez que se conoce esa probabilidad se calcula la incertidumbre de acuerdo con los parámetros siguientes:

- Regional
  - Entropía promedio de educación e inclusión financiera
- Estatal
  - Educación financiera
    - Urbano
    - Rural
  - Inclusión financiera
    - Urbano
    - Rural

La clasificación regional se explica más adelante. Una de las limitaciones del presente trabajo, es la gran cantidad de información que se tiene y la segmentación que se podría realizar, lo cual se dejará para trabajos futuros de interés específico.

El modelo de regresión logística arrojará como resultado el valor y correspondiente a la siguiente ecuación:

$$p = \frac{1}{1 + e^{-y}}$$

Ecuación II.

En la tabla 7 se muestran los valores obtenidos del modelo *logit*, la probabilidad asociada y la entropía de la variable Tarjeta de Crédito. La columna *y* es el resultado del modelo *logit*. Para obtener la probabilidad simplemente se realiza el cálculo con la ecuación 3 sustituyendo *y*. Continuando con el ejemplo de la tarjeta de crédito, la probabilidad obtenida es igual a la probabilidad de que una persona tenga tarjeta de crédito en la región 4, es decir, en la Ciudad de México. Como se puede observar, la probabilidad de que una persona de dicha región, posea una tarjeta de crédito, oscila entre 0.047 y 0.44. Se recuerda que tener una tarjeta de crédito es una de las variables que se consideran ejemplares en las sociedades inclusivas financieramente hablando.

Como se puede apreciar en la gráfica 21, una probabilidad baja, corresponde a una entropía alta. Esto significa que a menor probabilidad de que un evento suceda, habrá más incertidumbre de acuerdo con la interpretación de la entropía realizada por Shannon (1949) Jaynes, (1957) Lopez *et al.*, (2002), Sheraz *et al.*, (2015), Sayari *et al.*, (2017) entre otros.

Y a mayor probabilidad de que algo suceda, menor incertidumbre existirá al respecto, disminuyendo la entropía (Shannon *et al.*, 1949; Jaynes, 1957; Sheraz *et al.*, 2015).

Tarjeta de Crédito		
y	Probabilidad	ENTROPIA
-2.9900238	<b>0.0478786</b>	<b>-0.14550722</b>
-1.2872418	<b>0.21632003</b>	<b>-0.33118518</b>
-0.2176211	<b>0.44580843</b>	<b>-0.36015345</b>
-1.8813014	<b>0.13223946</b>	<b>-0.26753906</b>
-2.3959642	<b>0.08348096</b>	<b>-0.20729464</b>
-1.8813014	<b>0.13223946</b>	<b>-0.26753906</b>
-2.9900238	<b>0.0478786</b>	<b>-0.14550722</b>
-1.2872418	<b>0.21632003</b>	<b>-0.33118518</b>
-1.2872418	<b>0.21632003</b>	<b>-0.33118518</b>
-1.8813014	<b>0.13223946</b>	<b>-0.26753906</b>
-1.2872418	<b>0.21632003</b>	<b>-0.33118518</b>
-1.2872418	<b>0.21632003</b>	<b>-0.33118518</b>
-2.3959642	<b>0.08348096</b>	<b>-0.20729464</b>

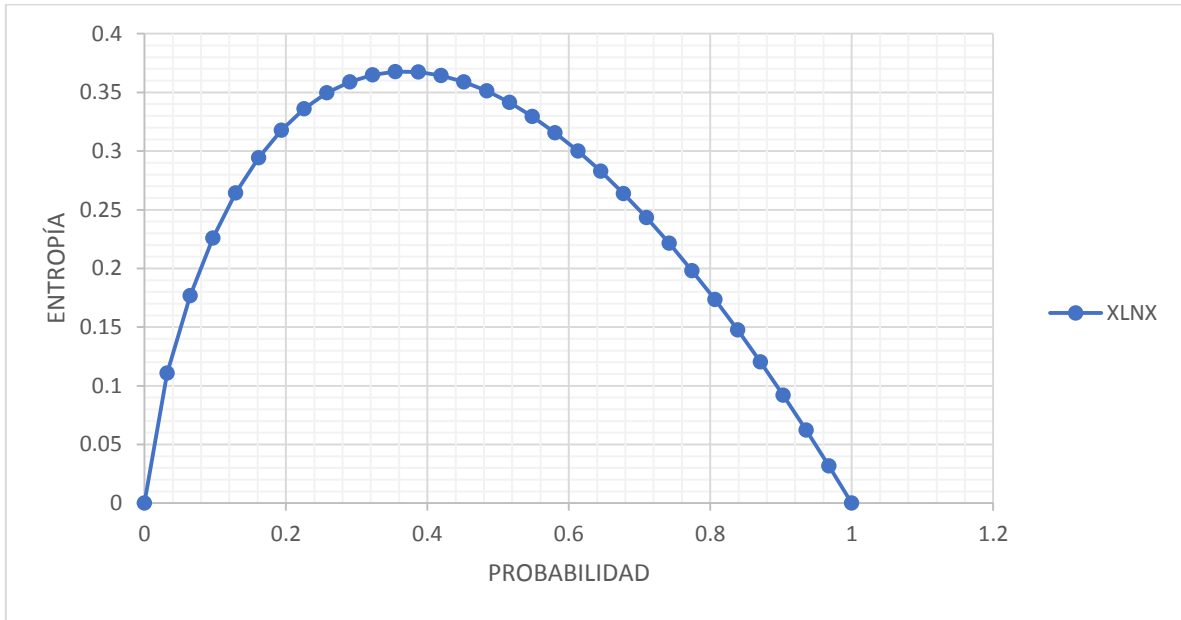
**Tabla 7.** Tabla con los valores de la probabilidad y los valores entrópicos de cada uno de los datos. Obtenida del modelo de probabilidad *logit* con las variables previamente seleccionadas, entre las cuales, existe una correlación significativa. Elaboración propia con información obtenida de los modelos *logit*.

Interpretar la entropía, es la tarea más delicada del procedimiento, por ejemplo, con respecto a la planificación, la entropía absoluta<sup>46</sup> indica la posibilidad de trabajar con los aspectos endógenos de la región (fortalecer la competitividad y el desarrollo endógeno), en tanto que la entropía relativa se relaciona con la necesidad de combatir las desigualdades internas de la región (Velasco *et al.*, 2008).

Usando la ecuación de Shannon para calcular la entropía de un conjunto de datos y con la probabilidad obtenida de los modelos *logit*, se obtiene la distribución de la incertidumbre financiera relacionada a la exclusión financiera y la educación financiera.

La gráfica 21 describe el comportamiento de la función  $x \ln x$ . Dicha función bosqueja el comportamiento de la entropía y su relación con la probabilidad. El comportamiento de ésta gráfica ilustra que mientras más cercano se encuentre el valor de la entropía al eje de las abscisas, es decir, si la entropía se aproxima a cero, la certeza de que suceda algo será mayor, y por tanto habrá menos incertidumbre. Si por el contrario la entropía se aleja del eje de las abscisas, la incertidumbre respecto a un evento, aumentará alcanzando un máximo local.

<sup>46</sup> Tercer Principio de la Termodinámica



**Gráfica 21.** Gráfica del comportamiento de la entropía. Elaboración propia.

## 4.8 Resultados

En este apartado se resumen los resultados del estudio que trata de medir una variable poco estudiada mediante el uso de la entropía de Shannon (1949). Los datos que se utilizaron corresponden a la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera 2018. El INEGI, previamente, ha segmentado al país en seis regiones, las cuales se utilizarán en el presente trabajo:

Clave	Región
1	Noroeste
2	Noreste
3	Occidente y Bajío
4	Ciudad de México
5	Centro Sur y Oriente
6	Sur

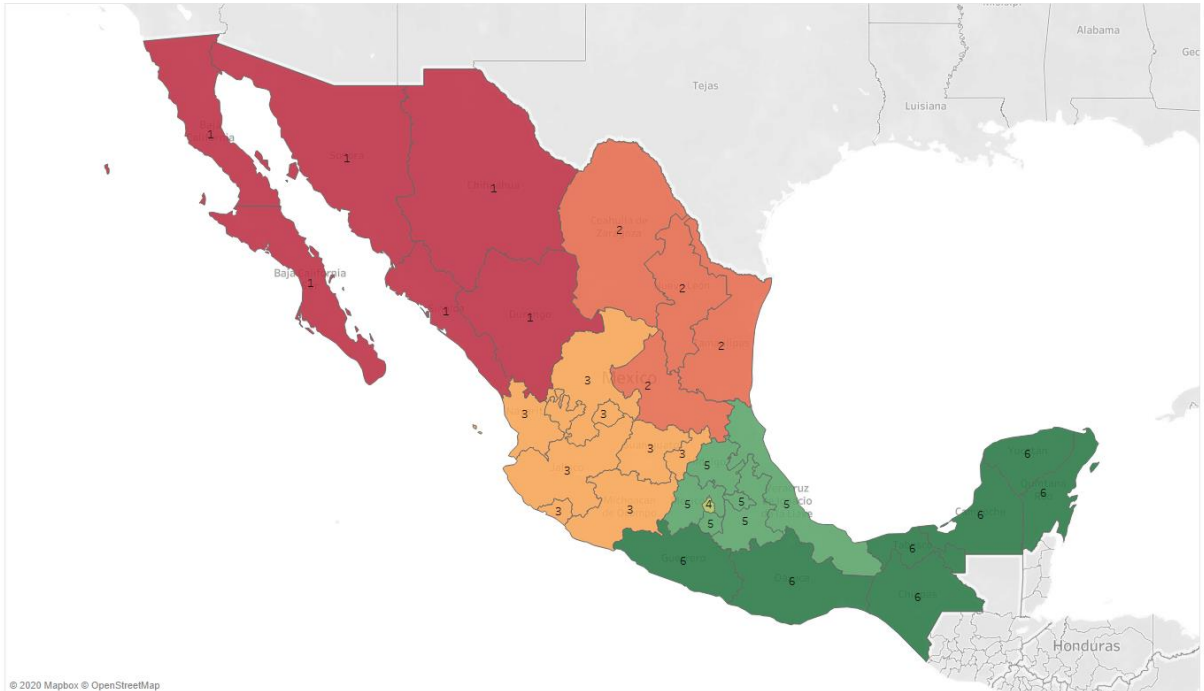
**Tabla 8.** Clave de las regiones. Fuente INEGI 2018.

Las regiones se encuentran agrupadas de la siguiente forma:

Región	Estado	Región	Estado
1	BAJA CALIFORNIA	4	DISTRITO FEDERAL
1	BAJA CALIFORNIA SUR	5	ESTADO DE MEXICO
1	CHIHUAHUA	5	HIDALGO
1	DURANGO	5	MORELOS
1	SINALOA	5	PUEBLA
1	SONORA	5	TLAXCALA
2	COAHUILA	5	VERACRUZ
2	NUEVO LEON	6	CAMPECHE
2	SAN LUIS POTOSI	6	CHIAPAS
2	TAMAULIPAS	6	GUERRERO
3	AGUASCALIENTES	6	OAXACA
3	COLIMA	6	QUINTANA ROO
3	JALISCO	6	TABASCO
3	GUANAJUATO	6	YUCATAN
3	MICHOACAN		
3	NAYARIT		
3	QUERETARO		
3	ZACATECAS		

Tabla 9 regiones pre-establecidas por el INEGI.





**Figura 12.** División regional de México INEGI (2018).

Los modelos de regresión logística se han obtenido de forma regional y posteriormente se han aplicado de forma individual, para obtener un valor estatal de la entropía. Dado que la función de la entropía presenta un comportamiento logarítmico, el valor máximo se encuentra por debajo del valor 0.4.

**ENTROPÍA REGIONAL PONDERADA**

En la figura 13 se pueden observar las zonas con más alto grado de entropía, o de incertidumbre financiera de las personas, que engloba la Educación e Inclusión Financiera. Lo que se observa en esta figura corresponde al promedio de ambas, por estado, incluyendo el entorno rural y urbano. Chihuahua representa el estado con mayor incertidumbre en educación e inclusión financiera, de acuerdo con la metodología utilizada y descrita anteriormente, la cual es propia de los modelos *logit-probit*.

El valor incluye las zonas rurales y urbanas. La interpretación de la figura 13, no solamente corresponde al valor más alto y más bajo de la incertidumbre financiera de los hogares. Es necesario obtener más información para concluir qué está sucediendo en todos y cada uno de los estados como se abordará más adelante.

La gráfica 22 muestra el valor de la entropía ponderado de todos los estados de la república mexicana, se logra observar directamente los estados con mayor incertidumbre. La normalización de los datos se realizó con la función NORM de Excel y permite obtener una escala más amigable.

ENTROPIA TOTAL POR ESTADO  
RURAL Y URBANA

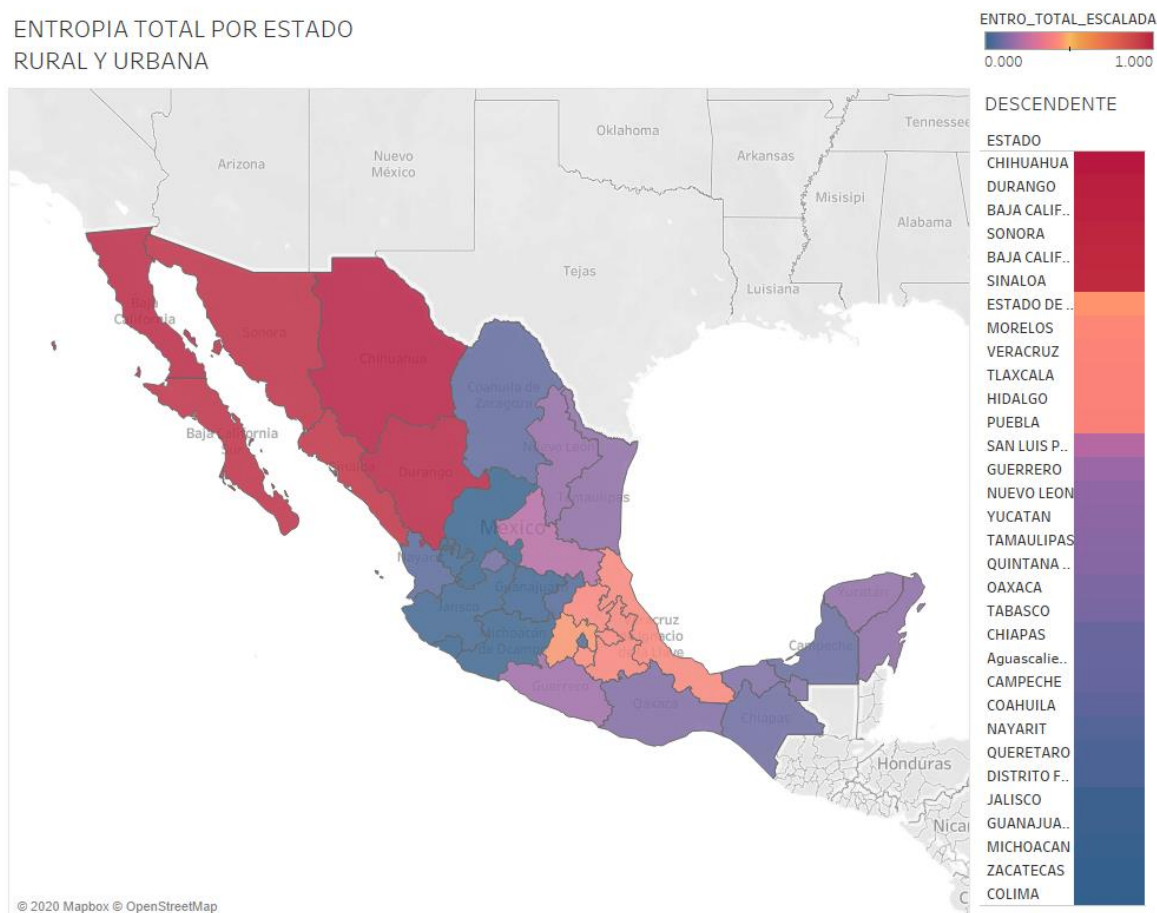
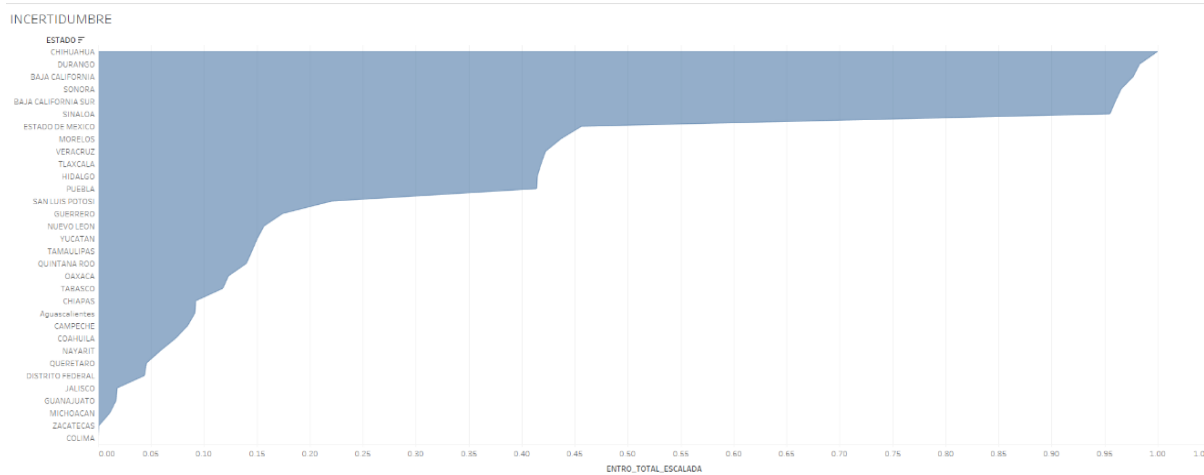


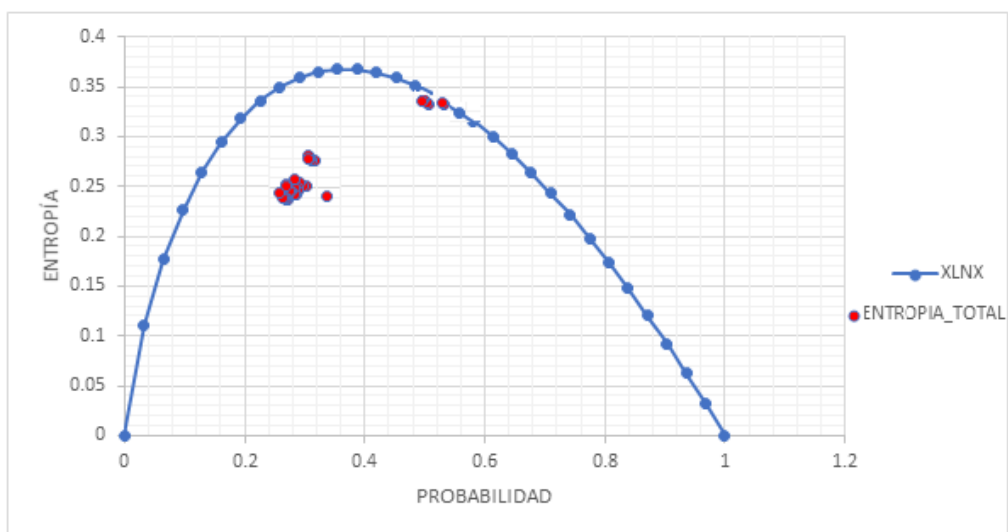
Figura 13. Entropía Regional ponderada. Elaboración propia.



Gráfica 22. Comparativa de los estados. Entropía regional ponderada.

## ENTROPÍA NACIONAL- EDUCACIÓN FINANCIERA-RURAL

Debido a lo extenso de la información disponible, el grupo de datos se ha segmentado en otros dos grupos: rural y urbano. La región urbana corresponde, de acuerdo con el INEGI, a poblaciones mayores a 15,000 habitantes. Mientras que la rural a poblaciones menores a 15,000 habitantes. De esta forma se puede obtener una imagen que permita conocer la incertidumbre asociada a la educación y la inclusión financiera, en los estados de la república mexicana aportando datos más específicos al respecto. En la gráfica 23 se muestra el resultado de la entropía en zona rural de la educación financiera en México por estado.



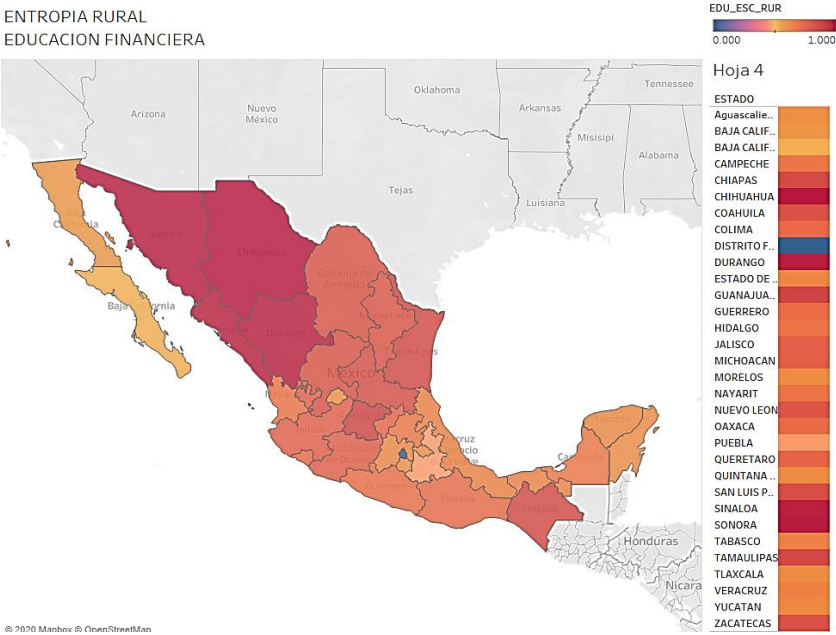
**Gráfica 23.** Entropía de los estados de la República (rojo), gráfica de la función  $x \ln x$  correspondiente a la entropía (azul). La distribución de la entropía se encuentra concentrada en una región entre 0.23 y 0.34. Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 23 se presenta la entropía rural por estado, y que corresponde a los municipios con menos de 15,000 habitantes. Chihuahua es el estado con más alta incertidumbre de educación financiera rural. Esto quiere decir que, existe una baja probabilidad de que las personas de municipios rurales de dicho estado conozcan los conceptos de inflación, diversificación, lleven registro de gastos o hayan tomado cursos de educación financiera.

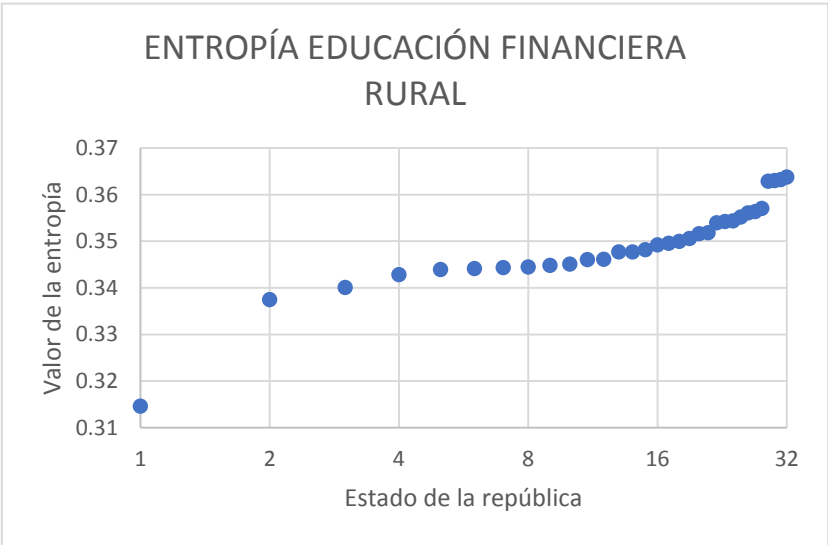
Al tener asociada una baja probabilidad, consecuentemente la incertidumbre será alta, ya que no habrá certeza con respecto a la educación financiera. Esto significa que, si selecciona a un individuo con las características antes mencionadas, una persona de chihuahua, mayor de edad, de un municipio rural, ésta persona tendrá una baja probabilidad de tener Educación Financiera. Por tanto, la incertidumbre asociada a esta variable será alta.

En la figura 14 la zona azul que corresponde a la zona más “fría”, es la zona donde menor entropía existe en todo el territorio nacional. Coincide con la Ciudad de México. Se esperaba este resultado, ya que la Ciudad de México tiene muy pocos datos obtenidos de regiones rurales debido al carácter predominantemente urbano de la zona. Al mismo tiempo sirve de comprobación validando lo anterior.

La Ciudad de México al ser mayoritariamente un área metropolitana, presenta la incertidumbre rural de educación financiera más baja de todo el país. Lo anterior coincide con el concepto físico de entropía. En el estado de Chihuahua, existe el nivel más alto de incertidumbre, ya que no hay certeza de que, en promedio, la población posea conocimientos de educación financiera y por tanto los beneficios que de ella emanan. De acuerdo con la investigación, también se encontrará un alto nivel de desorden y, sin embargo, existirá mucha información que no está a simple vista. Información que no se está considerando en los modelos.



**Figura 14.** Entropía rural en la República Mexicana. Chihuahua es el más alto entrópicamente y la Ciudad de México el más bajo.

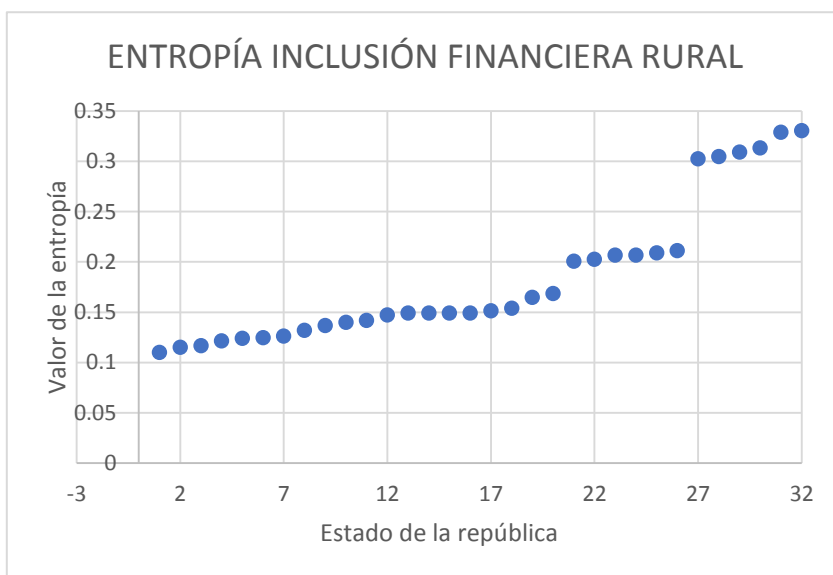


**Gráfica 24.** Entropía Rural en la República Mexicana. Chihuahua presenta el más alto entrópicamente y la Ciudad de México el más bajo.

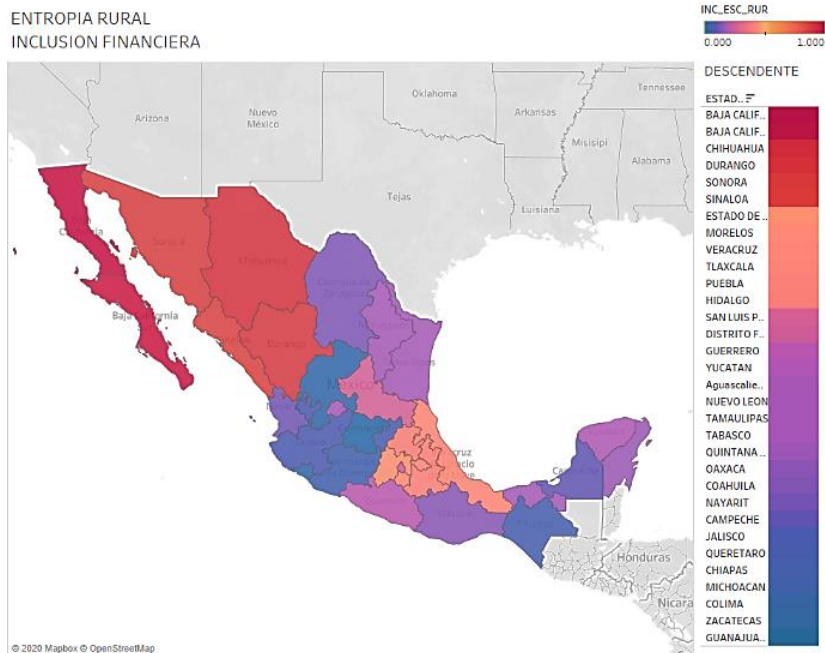
## ENTROPÍA NACIONAL- INCLUSIÓN FINANCIERA-RURAL

La figura 15 esquematiza en rojo, los estados que poseen la más alta entropía y en azul la más baja, correspondiente a la inclusión financiera rural. La inclusión financiera incluye: poseer una tarjeta de crédito, tener un crédito de vivienda y tener un crédito automotriz. Estas tres variables son características primordiales para que una persona esté incluida en el sistema financiero. Los estados con la entropía más alta se encuentran ubicados en la Región 1. Significa que, en esta región, los municipios que tienen menos de 15,000 habitantes y considerados rurales, tienen un alto desorden, es decir una alta entropía y por tanto una alta incertidumbre. A nivel nacional, en los municipios de esta región, será muy poco probable encontrar personas incluidas en el sistema financiero, es decir, que tengan una tarjeta de crédito, un crédito automotriz o un crédito de vivienda. Poner especial atención en estos municipios, será determinante para el éxito de las políticas de inclusión financiera a nivel nacional, con base en los datos obtenidos.

En esta sección se encontró que la entropía inclusión financiera rural en la república mexicana. La región noroeste presenta el nivel más alto entrópicamente, mientras que Guanajuato, Zacatecas Colima y Michoacán presentan el nivel más bajo



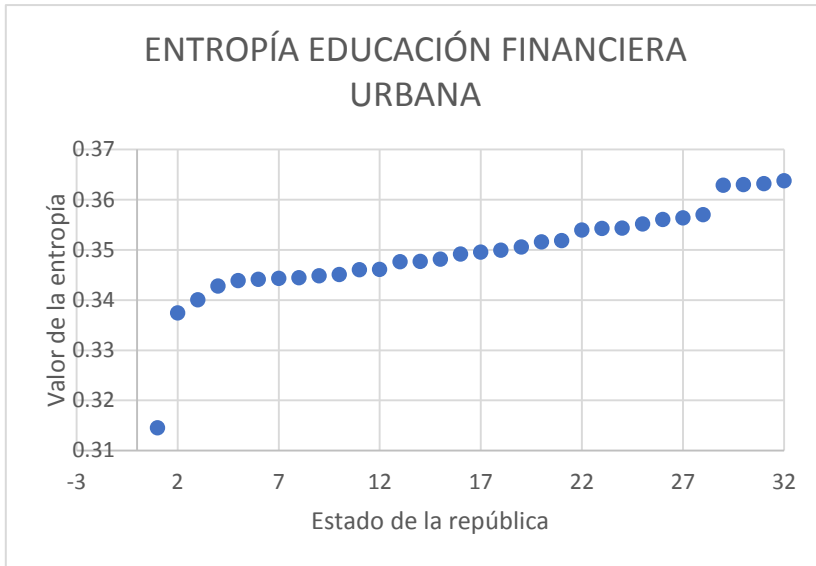
**Gráfica 25.** Entropía inclusión financiera rural.



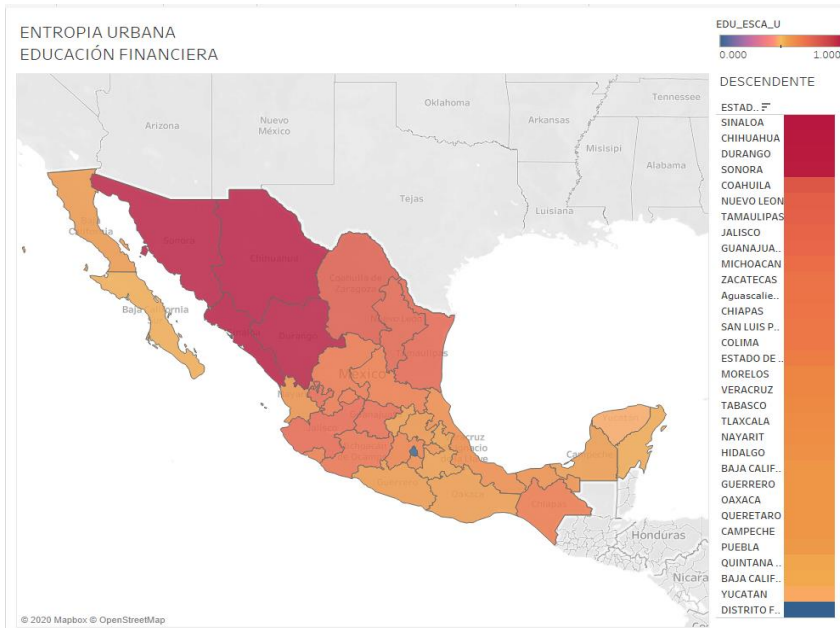
**Figura 15.** Entropía rural-inclusión financiera. Elaboración propia con información obtenida de los modelos *logit*.

## ENTROPÍA NACIONAL EDUCACIÓN FINANCIERA URBANA

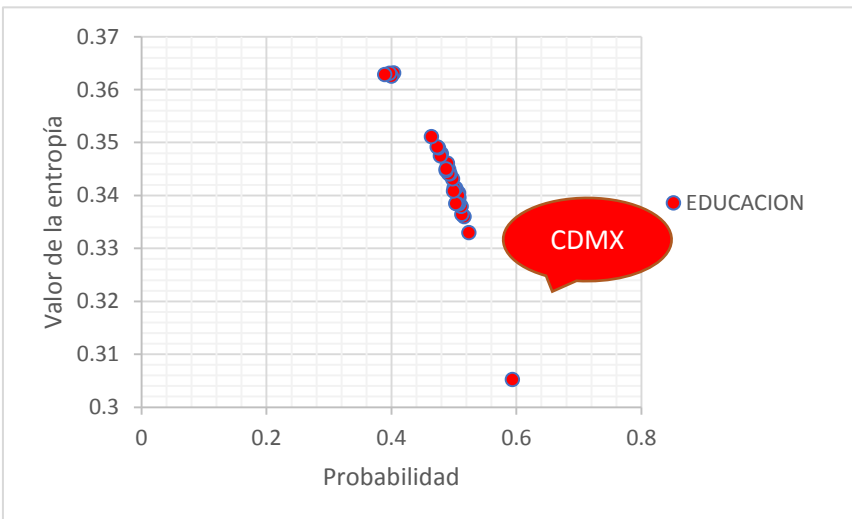
La separación del entorno rural y urbano, permitirá tener una perspectiva más incluyente, e igualmente comprender las necesidades de una forma más específica que si se hiciese ignorando lo anterior. Ahora corresponde mostrar la entropía urbana de la educación financiera. Esta entropía se ilustra en la figura 16. La entropía urbana refleja información de los municipios con más de 15,000 habitantes. Para ésta variable se utilizaron cuatro preguntas contenidas en los datos de la ENIF (2018): conocimiento de los conceptos de inflación, diversificación, si lleva un registro de gastos y si ha tomado cursos de educación financiera. El color rojo representa la más alta entropía, mientras que el azul, la más baja. La Ciudad de México se encuentra con el valor más bajo de entropía, esto significa que hay poca incertidumbre y será muy probable encontrar personas que cumplan con las cuatro preguntas y manejen los conceptos adecuadamente. Nuevamente los estados de la región 1 se encuentran en la cúspide de incertidumbre en zonas urbanas.



**Gráfica 26.** Entropía urbana – educación financiera. Estado de la república v/s Valor de la entropía.



**Figura 16.** Entropía urbana educación financiera.



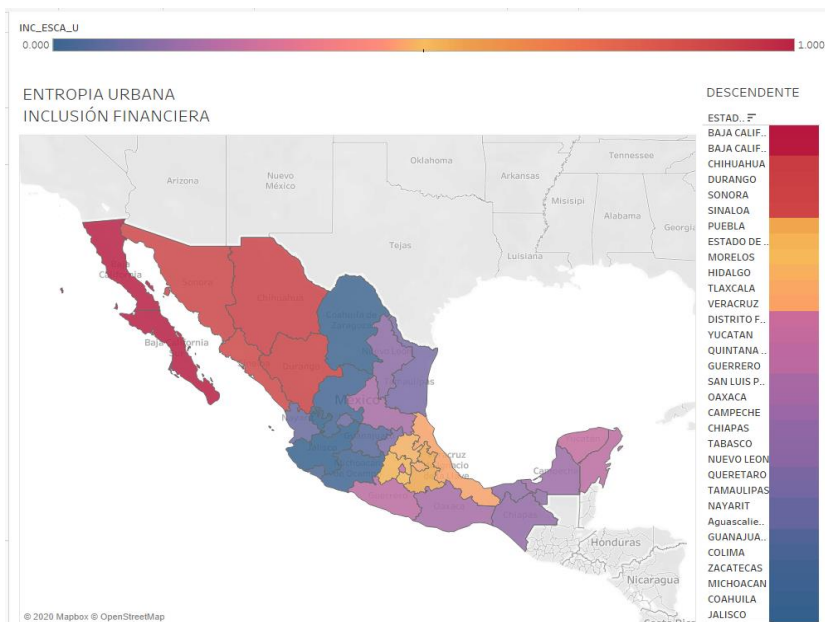
**Gráfica 27.** Probabilidad v/s valor de la entropía.



La zona donde menor incertidumbre existe en el territorio nacional, corresponde a la Ciudad de México. En esta región es muy alta la probabilidad de que una persona conozca los conceptos de inflación, diversificación, lleve un registro de sus gastos y/o haya tomado cursos de educación financiera. Sin embargo, es importante destacar que los valores de la incertidumbre no son muy distintos entre sí, en lo que respecta a los demás estados de la república. Pero la región uno, muestra una marcada distancia de la media nacional.

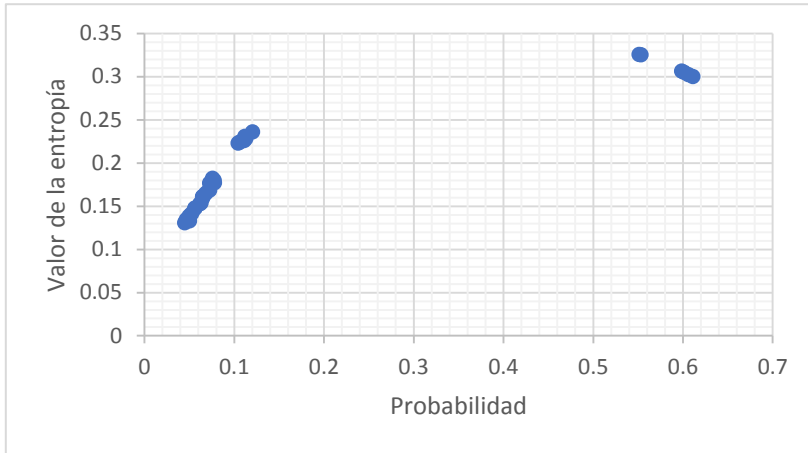
## ENTROPÍA NACIONAL INCLUSIÓN FINANCIERA URBANA

La medición obtenida y que corresponde a la entropía urbana relacionada a la inclusión financiera se muestra en la figura 47. Los estados que se encuentran en la región 1 son nuevamente los que encabezan la lista, siendo los que más entropía presentan a lo largo del presente trabajo. La interpretación que se le da a estos resultados es que, en esta región, la inclusión financiera es la más baja del país, es decir, las personas no poseen tarjeta de crédito, crédito a vivienda o crédito automotriz incluso en las zonas urbanas.



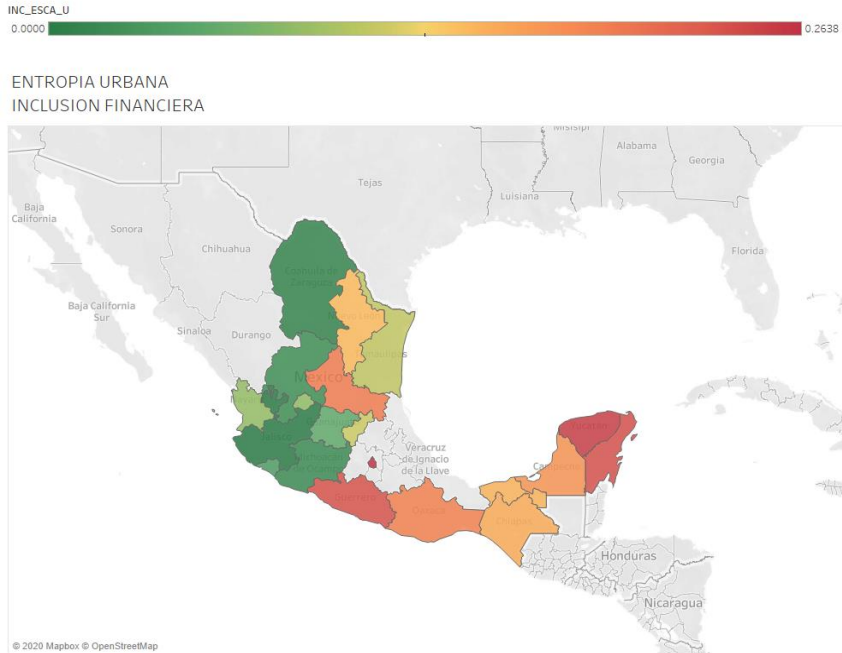
**Figura 17.** Entropía urbana en la república mexicana.



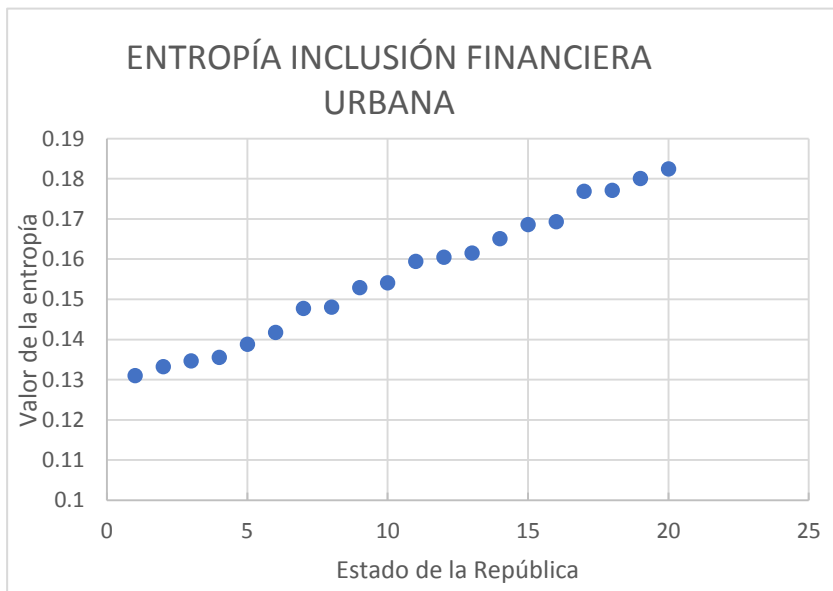


**Gráfica 28.** Probabilidad v/s valor de la entropía. Inclusión financiera urbana.

Los valores en esta gráfica, son muy distintos a los presentados en las anteriores, ya que se encuentran distancias muy importantes entre varios estados. Nuevamente los estados de la región 1 encabezan la lista, le siguen los estados del centro y sur del país y al final los correspondientes a la región 3. Los estados con mayor inclusión financiera, corresponden a los estados conocidos como productores de migrantes. Zacatecas, Michoacán Guanajuato y Oaxaca son los 4 estados con mayor migración hacia los E.E. U.U. conforme al INEGI (Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica, 2018). Lo anterior es indicador de que es más probable que una persona de esta zona posea una tarjeta de crédito. En la figura 17 se muestra el último esquema, que ilustra una comparativa de los estados y el lugar que ocupa la Ciudad de México en inclusión financiera. Se puede observar de mejor manera, como los estados de la región 3, la región 2 y la región 6 tiene menos entropía que la ciudad de México, la cual, en esta ilustración, es la región con más entropía, es por eso que se le representa con el color rojo. Este resultado no se esperaba. El resultado esperado de este experimento correspondía a que, los estados con las ciudades más importantes como Jalisco, Monterrey y la Ciudad de México, registraran una inclusión financiera más robusta y por tanto una entropía menor, evento que no sucedió.



**Figura 17.** Entropía urbana – educación financiera. Elaboración propia con información obtenida de los modelos de regresión *logit* y con datos de la ENIF (2018).



**Gráfica 29.** Estado de la república v/s valor de la entropía.

## 5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

### 5.1 Conclusiones

En el presente trabajo se analizó una pequeña parte de las variables exógenas que corresponden a la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera 2018. Se ha obtenido una estimación de la probabilidad de tener tarjeta de crédito, crédito de vivienda, crédito automotriz, que son variables que se consideran necesarias para que la población esté incluida en el sistema financiero nacional.

De la misma forma, la inflación, la diversificación, así como llevar un registro de gastos, y haber tomado cursos, están relacionadas con la educación financiera. Estas variables incluidas en reportes de la OCDE (2017), ONU (2020) y del INEGI (2018) están consideradas como necesarias para que un país tenga estabilidad y desarrollo en su población. Como se justificó en los primeros capítulos.

Al obtener la entropía de este sistema, se ha medido el grado de incertidumbre que la población tiene, el cual se recolectó por medio de la ENIF 2018, a través de la educación financiera y de la inclusión financiera, factores que se han medido a través de los modelos *logit*.

A nivel nacional se obtienen las regiones en donde existe mayor incertidumbre y menor incertidumbre, lo cual, en esta primera aproximación, coincide con la concepción de retraso que se tiene fuera de las ciudades.

La medición de la incertidumbre es un parámetro importante en el desarrollo de proyectos y es posible que pueda utilizarse en la teoría de Opciones Reales (Black-Scholes, 1973), ya que se necesitan altos niveles de incertidumbre para que los proyectos de inversión alcancen su máxima potencial.

La entropía tiene muchas interpretaciones. Algunos autores han ligado este concepto al miedo que la población percibe de un fenómeno. Contrario a lo que se esperaba obtener, la región 1 que comprende los estados de:

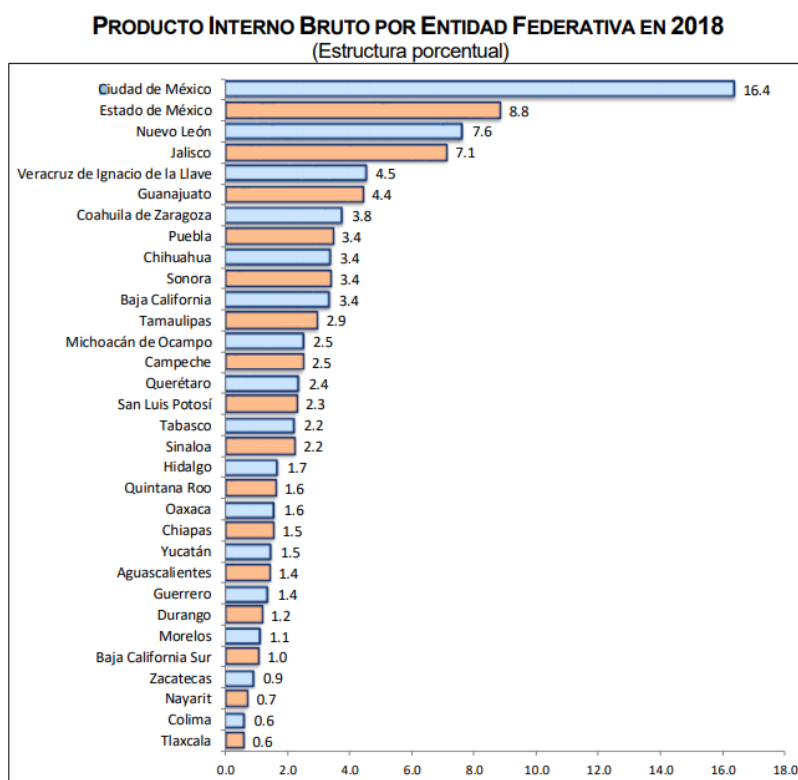
BAJA CALIFORNIA  
BAJA CALIFORNIA SUR  
CHIHUAHUA  
DURANGO  
SINALOA  
SONORA

**Tabla 10.** Estados correspondientes a la región 1

Fue la región que consistentemente presentó una alta entropía. Si se elige a una persona dentro de ésta región, existe poca probabilidad de que esté incluida en el sistema financiero

y que tampoco este familiarizada con los conceptos de educación financiera. También existirá un alto desorden que propicia una alta entropía. Pero también significa que existe información que no se está considerando.

Al comprar la figura 41 con el Producto Interno Bruto nacional 2018, se puede observar que los estados de Chihuahua, Nayarit, Sonora y Durango presentan un crecimiento con una diferencia notable. Mientras que Nayarit crece el 0.7%, Chihuahua lo hizo en 3.4%. Debido a que el modelo *logit* se realizó de forma regional, es posible que esto haya contribuido a que la región se aleje del cúmulo en el que se ubicaron la mayoría de los datos, como se puede observar en múltiples gráficas. Otra causa podría corresponder a que, aún cuando el estado registre un crecimiento del PIB, la población rural no tiene acceso a la educación financiera, probablemente por la complejidad del territorio, al ser el estado más grande de México y con menos habitantes por km cuadrado, como lo afirma un diagnóstico realizado por el gobierno de Chihuahua<sup>47</sup>, alejando a las comunidades de la infraestructura y el acceso a servicios así como de la educación en general.



**Gráfica 30.** Producto Interno Bruto 2018. Fuente INEGI 2020. Recuperado de:

<https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/OtrTemEcon/PIBEntFed2018.pdf>

Por otro lado, la teoría de la información propone que, si el nivel de entropía es muy bajo, entonces los datos que estamos obteniendo son muy importantes y vale la **pena seguir estudiándolos ya que** con estos datos podremos predecir algo que muy probablemente

<sup>47</sup> Diagnóstico del Gobierno de Chihuahua. Consultado en 8/2020. Recuperado de: <http://www.chihuahua.gob.mx/planestatal/des-diagnostico.html>

ocurrirá (Zhou *et al.*, 2013; Montenegro, 2011). Tal como sucede con la entropía de los estados de:

CIUDAD DE MÉXICO  
JALISCO  
GUANAJUATO  
MICHOACÁN  
ZACATECAS  
COLIMA

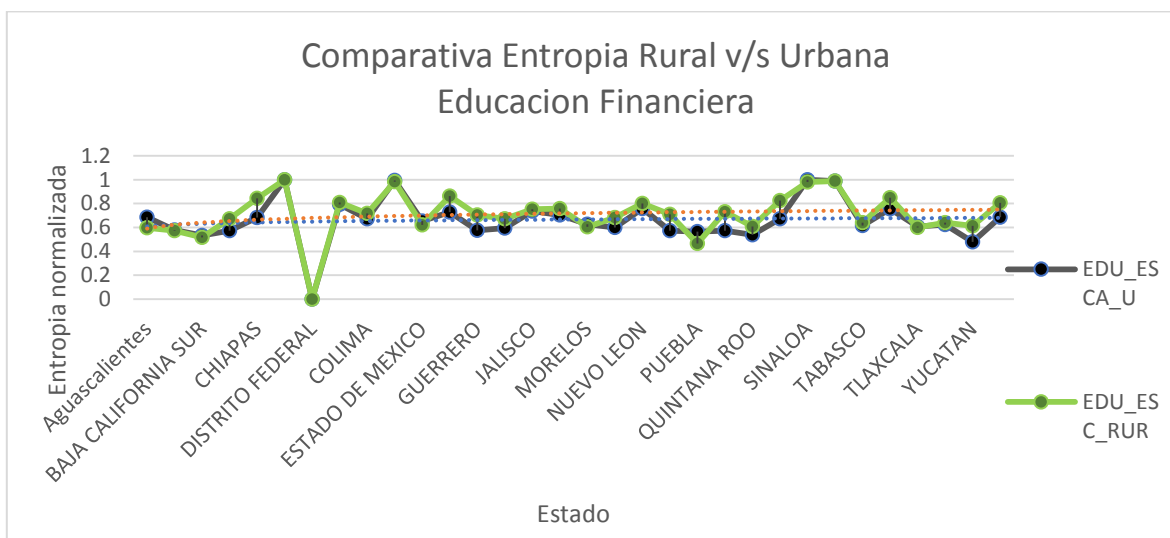
**Tabla 11.** Estados con menor entropía.

La mínima entropía significa que será más probable un evento, aunque derivado de esto hay menos información que pueda sorprendernos y también bajo desorden en los sistemas (Shannon *et al.*, 1949).

En otra interpretación, la entropía mínima caracteriza a los sistemas que necesitarán más “energía” para cambiar su estado, entiéndase por “energía”, políticas públicas que permitan el aumento en la inclusión, la educación financiera y por ende en el desarrollo regional.

Históricamente en México las poblaciones rurales han estado abandonadas por las políticas públicas. El presente estudio refuerza esa idea y agrega un indicador cuantitativo del estado que conservan esas localidades. De acuerdo con el INEGI, un entorno rural es aquel que posee menos de 15,000 habitantes. En educación financiera los entornos rurales se muestran con mayor entropía en comparación con los urbanos. Esto quiere decir que la incertidumbre que existe en la educación financiera en las regiones rurales, es más alta que en las regiones urbanas, un resultado esperado.

De acuerdo con los datos obtenidos, la república mexicana presenta una entropía uniforme, tanto en regiones rurales como urbanas en educación e inclusión financiera, excepto en los estados que comprenden la región uno. La alta entropía, presente en esta región, trae a la luz algunos factores en los cuales los tres órdenes de gobierno pueden incidir directamente. En orden de prioridades, los estados de la región 1 necesitan atención inmediata.



**Gráfica 31.** Entropía Nacional. Educación Financiera Rural y Urbana. Elaboración propia.

Existe una marcada tendencia en los modelos de regresión lineal de 4 regiones, en donde el sexo es una variable significativa y positiva. Es decir, es más probable que las mujeres realicen el registro de gastos en estas 4 regiones del país. Lo que significa que ellas tienen una probabilidad más alta de entender los conceptos de educación financiera, aun cuando no hayan tomado cursos sobre ello.

Una de las variables explicativas que fue consistente en todas las regiones y en todos los modelos de forma negativa corresponde a las personas que son pobres. Esto significa que ser pobre (ganar menos de \$11,000/mes) disminuye las probabilidades de tener educación financiera y aumenta las probabilidades de estar excluido del sistema financiero. Ser pobre, equivale a tener un ingreso menor a 11,000 pesos de acuerdo con el CONEVAL (2018).

Confirma también de forma cuantitativa, que las personas pobres de todas las regiones del país son las más vulnerables, al ignorar los conceptos de educación financiera y son las personas que estarán excluidas del sistema financiero ya que muy probablemente, no tendrán acceso a tarjeta de crédito, créditos de automóvil y mucho menos a créditos de vivienda.

La variable explicativa “puede ahorrar”, también registró una aportación positiva a todos los modelos de todas las regiones del país. Esto significa que aquellas personas que tengan la capacidad de ahorrar tendrán más posibilidades de acceder a créditos. También tendrán más probabilidad de conocer los conceptos de educación financiera.

La idea de eficiencia de la Segunda Ley de la Termodinámica se asocia a obtener los mejores resultados con los recursos disponibles. La entropía o incertidumbre financiera que se vive en el país debe ser disminuida con los recursos que los tres niveles de gobierno poseen. Así, es posible influir para incrementar la eficiencia del mercado y su influencia en todo el sistema financiero nacional.

La población pobre y rural posee una mayor entropía en comparación con la población urbana que no es pobre.

## 5.2 Limitaciones

La información contenida en la ENIF (2018) tuvo un tratamiento muy específico. Se asumió en algunas preguntas que la falta de información representaba una respuesta negativa, según las características de la pregunta. Aunque el INEGI consideró que las 12447 entrevistas obtenidas estaban completas. Al no existir información suficiente se descartó una pregunta importante: ¿sabe que, si gana dinero fácilmente, también lo pierde fácilmente? Esta pregunta sustituía inicialmente a: ¿lleva un registro de gastos?

Inicialmente se había considerado dentro del apartado educación financiera, el conocimiento de los encuestados acerca de, si eran conscientes de perder y ganar dinero fácilmente, pero la información no se pudo manejar debido a la alta varianza que tenían los datos y a la falta de los mismos.

Muchas preguntas que resultan relevantes como: ¿tiene banca por internet? o ¿Tiene celular? fueron descartadas por falta de datos. Esto profundiza y deja al descubierto el retraso que existe en nuestro país para acceder a las aplicaciones móviles y a la banca por internet. No se pudo analizar esta información, y, por lo tanto, no se determinó una correlación entre, tener celular y tener banca por internet, o entre los diferentes grupos analizados.

Los datos que proporciona el INEGI a través de la ENIF (2018) poseen un clave llamada Unidad Primaria de Muestreo (UPM). La UPM contiene información de los municipios y las localidades específicas donde se levantó la encuesta, esa información es inaccesible, de acuerdo con el programa de confidencialidad del INEGI. Esto fue confirmado directamente con el Instituto. Sin embargo, se logró extraer la información por estado, pero los modelos de regresión *logit* se construyeron incluyendo a toda la región, como se estipula al inicio del capítulo 4.

Dado que los datos se presentaban por región, el modelo de regresión logarítmica se realizó de forma regional y después con el modelo regional se calculó la entropía estatal. Inicialmente se contemplaba realizar los modelos de regresión de forma estatal y después hacer el cálculo de la entropía municipal, pero no se tuvo acceso a esa información. Georreferenciar en qué municipios existe máxima entropía y mínima entropía, ayudará a realizar labores puntuales para mitigar la ausencia de inclusión y educación financiera según sea el caso.

Limitaciones propias del aislamiento por la pandemia de COVID -19 que no permitió elaborar un método de elección de variables directamente con los expertos como estaba planeado.

Otra limitación corresponde al acceso a otro tipo de datos como, datos relacionados a la deuda de las personas. Si se conoce cuál es la relación de deuda, podría incluirse en los modelos. La ubicación de las viviendas, proporcionaría información que se podría correlacionar al estrato social, ubicación geográfica, tipo de vivienda, etc.

### 5.3 Futuras Investigaciones

Ampliar esta investigación con información geo-referenciada, que permita conocer los municipios en donde se deban aplicar políticas públicas de forma más puntual.

Incluir otros métodos de elección de variables como los métodos ATP, ANP, PROMETHEE o ELECTRE consultando a los expertos que llenen los formularios y determinen cuáles son las variables exógenas y endógenas a utilizar.

Incluir otro tipo de variables con datos provenientes de la banca y del gobierno Federal, que den más confiabilidad a los resultados. Incluir variables como el PIB estatal, el riesgo de inversión por estado, entre otros.

Incluir datos de razón de endeudamiento, ubicación de casas de empeño, así como la relación del índice de desigualdad que permita conocer si existe una correlación entre la ausencia de inclusión y educación financiera y la desigualdad regional.

Determinar si las comunidades indígenas son mayor o menormente afectadas y compararlo con la población urbana, que no se asume como indígena, y comparar los resultados.

Hacer diferenciaciones claras entre hombres y mujeres para conocer si la correlación entre, no tener un crédito automotriz o un crédito de vivienda, está correlacionada a ser mujer, y encontrar las localidades en donde se lleven a cabo estas prácticas para mitigarlas y desaparecerlas.

Estudiar otros grupos vulnerables como las personas de la tercera edad o los jóvenes menores de 25 años. Realizar pruebas de causalidad que determinen con mayor precisión, si la correlación entre las variables utilizadas en este trabajo, tienen probabilidad de causar el fenómeno bajo estudio.

En contraparte, existen autores que afirman que la incertidumbre, precisión y exactitud son ejemplos de términos que representan conceptos cualitativos, y, por tanto, no deben expresarse numéricamente (Taylor *et al.*, 1994) evitando asociar números con ellos. Es por ello que estudiar a fondo el por qué sí se deben asociar números, justificarlo y presentar las ventajas y desventajas que ello representa, en opinión del autor, es lo más significativo para investigaciones futuras.



## ANEXO I

Tabla resumen de las entropías por estado, correspondientes a educación e inclusión financiera, rural y urbana.

ESTADO	EDU_ESCA_U	INC_ESCA_U	PROM_UR	EDU_ESC_RUR	INC_ESC_RUR	PROM_R +	ENTRO_TOTAL_ESCALADA
Aguascalientes	0.685668577	0.08590209	0.07211679	0.59594463	0.17755426	0.125922557	0.09138845
BAJA CALIFORNIA	0.577517234	0.99773488	0.97144568	0.57340666	1	0.982894764	0.97722737
BAJA CALIFORNIA SUR	0.53153104	1	0.95978813	0.5179823	0.99186792	0.961406569	0.96024536
CAMPECHE	0.572867647	0.17490789	0.12883443	0.67244807	0.09926879	0.061741478	0.08461661
CHIAPAS	0.682154872	0.15637608	0.14309661	0.84324874	0.06272913	0.063380435	0.09233277
CHIHUAHUA	0.998968013	0.9004014	1	1	0.9211494	1	1
DISTRITO FEDERAL	0	0.26384255	0.04568462	0	0.24785378	0.060244703	0.04390022
COAHUILA	0.791893785	0.01155744	0.02838956	0.80836921	0.13560879	0.131629099	0.07341676
COLIMA	0.671002131	0.03999676	0.02073001	0.71882172	0.0300318	0	0
DURANGO	0.994568674	0.89244277	0.99052691	0.98377244	0.90262325	0.976782092	0.9831504
ESTADO DE MEXICO	0.654663045	0.51371086	0.50005608	0.62055358	0.45911988	0.426868492	0.4563041
GUANAJUATO	0.729840284	0.05511329	0.05406246	0.86255247	0	0.002130629	0.01713301
GUERRERO	0.575866198	0.23544767	0.19163703	0.70342573	0.19943565	0.174000391	0.17424702
HIDALGO	0.594071309	0.4884523	0.45582231	0.67347804	0.41063098	0.388411183	0.41469052
JALISCO	0.737348246	0	0	0.75283611		0.052712124	0.01797443
MICHOACAN	0.705547957	0.01865865	0.00941249	0.75710508	0.05151709	0.03147863	0.01124389
MORELOS	0.625964848	0.49945971	0.47676658	0.60443067	0.44806391	0.411506713	0.43698302
NAYARIT	0.60091499	0.08737894	0.0478736	0.68225884	0.12079006	0.086598691	0.05891398
NUEVO LEON	0.759250864	0.14598874	0.15590354	0.79981666	0.17717615	0.17320761	0.15666999
OAXACA	0.574131751	0.19278074	0.14749044	0.71103386	0.14396835	0.117628443	0.12318384
PUEBLA	0.564972354	0.53884585	0.49849907	0.4649431	0.41905359	0.348469335	0.41401944
QUERETARO	0.573100018	0.11837832	0.07111332	0.7315707	0.06600329	0.040693845	0.04575116
QUINTANA ROO	0.538473169	0.236712	0.18156744	0.60750493	0.16812864	0.118744559	0.14013684
SAN LUIS POTOSI	0.671888995	0.19670718	0.18120882	0.82508979	0.26494517	0.271134581	0.22070322
SINALOA	1	0.86777917	0.96696299	0.9811934	0.87324012	0.945373941	0.95519595
SONORA	0.989438464	0.88069857	0.97696164	0.98802167	0.88217275	0.956335808	0.96580445
TABASCO	0.614934026	0.15106546	0.11724186	0.64036203	0.17641229	0.135113647	0.11792428
TAMAULIPAS	0.755490172	0.11226322	0.12028231	0.84911256	0.17654504	0.184075257	0.14532473
TLAXCALA	0.608884764	0.4788269	0.45048319	0.6002407	0.43800595	0.39998211	0.41825745
VERACRUZ	0.624354964	0.47230381	0.44851519	0.63984195	0.43849645	0.409758259	0.4224921
YUCATAN	0.479847351	0.25180754	0.17918613	0.61423176	0.18722263	0.140335759	0.15043283
ZACATECAS	0.687007169	0.0234504	0.00867747	0.8060989	0.02286012	0.012893609	0.00104435

Tabla 12. Entropías de todos los estados. Elaboración propia.

## REFERENCIAS

- Abel Andrew B. y Janice C. Eberly (1996). *Optimal Investment with Costly Reversibility. The Review of Economic Studies*, Volume 63, Issue 4, October 1996, Pages 581–593, <https://doi.org/10.2307/2297794>
- Abuya B. A., Elungata P., Mutisya M., Kabiru C. W. (2017). *Parental Education and High School Completion in the Urban Informal Settlements in Kenya.* Edited by Dorothy Chen. *Cogent Education* 4 (1).
- Ackoff, R.L. *Creating the Corporate Future: Plan or be Planned for*; Wiley: New York, NY, USA, 1981.
- Adams, Richard N. (1983). *Energía y estructura. Fondo de Cultura Económica, México [traducción de Energy and Structure: A Theory of Social Power, University of Texas Press, Austin, 1975].*, 306.
- Aguila, E., Angrisani, M. y Blanco, L.R. (2016), "Ownership of a bank account and health of older Hispanics", *Economics Letters*, No. 144, pp. 41-44.
- Ahmadi-Javid Amir y Fallah-Tafti Malihe (2019). *Portfolio optimization with entropic value at risk. European Journal of Operational Research*. Volume 279. 16 November 2019. Pages 225-241.
- Alam M. R., e Istiak K. (2019). *Impact of US policy uncertainty on Mexico: Evidence from linear and nonlinear tests. The Quarterly Review of Economics and Finance*, <https://doi.org/10.1016/j.qref.2019.12.002>
- Alcaraz M. (2020). *Beyond Financial Resources: The Role of Parents' Education in Predicting Children's Educational Persistence in Mexico. International Journal of Educational Development*. Volume 75, May 2020, 102188. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2020.102188>
- Anshari M., Y. Alas, G. Hardaker, J.H. Jaidin, M. Smith, A.D. Ahad (2016). *Smartphone habit and behavior in Brunei: Personalization, gender, and generation gap Computers in Human Behavior*, 64, pp. 719-727, [10.1016/j.chb.2016.07.063](https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.07.063).
- Ardalan K. (2018). *Neurofinance versus the efficient markets hypothesis. Global Finance Journal* Volume 35, February 2018, Pages 170-176.
- Aggarwal M. (2020). *Probit and nested logit models based on fuzzy measure* University of Sistan and Baluchestan. *Information Systems Area, IIM Ahmedabad, India. Iranian Journal of Fuzzy Systems*. Volume 17, Number 2, 2020, pp 169-181.
- Asociación Internacional de Operadores Móviles para Latinoamérica. GSMA (2020). Consultado el 02-04-2020. <https://www.gsma.com/latinamerica/about-us-es/?lang=es>
- Ata, A. Y., y Arvas, M. A. (2011). *Determinants of economic corruption: A crosscountry data analysis. International Journal of Business and Social Science*, 2(13), 161–169.
- Avery, Christopher & Zemsky, Peter, (1998). "Multidimensional Uncertainty and Herd Behavior in Financial Markets," *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 88(4), pages 724-748, September.
- Azharia Mourad, Abdallah Abarda, Badia Ettaki, Jamal Zerouaoui, Mohamed Dakkon (2020). *Higgs Boson Discovery using Machine Learning Methods with Pyspark. Procedia Computer Science* 170 1141–1146. Warsaw, Poland.
- Baeza E. O., Martín Enríquez A, Fernández de Lis S., Rodríguez Téubal I. y López Sabater V. (2009) *Telefonía móvil y desarrollo financiero en América Latina*.
- Banco Interamericano de Desarrollo, BID (2009). *Editorial Ariel, S.A. Avda. Diagonal, 662-664 08034 Barcelona (España)*.

Banco de México (2020). Sistema de Información económica. Ingresos por remesas. Consultado el 20/07/2020 <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE81&locale=es>

Banco Mundial (2015). Report on the G20 survey on De-Risking activities in the remittance market". Consultado el 16/07/2020. <https://www.worldbank.org/en/topic/financialsector/publication/world-bank-group-surveys-probe-derisking-practices>

Bailey K. D. *La entropía social*. Albany, Nueva York: Universidad Estatal de Nueva York (SUNY). 1990.

Banerjee Abhijit V. (1992). "A Simple Model of Herd Behavior", *The Quarterly Journal of Economics*, 107 (August): 797-817.

Baker, S.R., Bloom N., Davis, S.J. (2016). *Measuring economic policy uncertainty*. *Quart. J. Econ.* 131 (4), 1593–1636.

Basu, S. y Bundick, B. (2017). *Uncertainty shocks in a model of effective demand*. *Econometrica*, 85(3), 937–958.

Becker, G., 1964. *Human Capital Theory*. Columbia University Press, New York.

Bedoya C. y García M., (2016). *Efectos del miedo en los trabajadores y la organización*. *Estudios Gerenciales* 32 (2016) 60–70. Universidad ICESI. Publicado por Elsevier España, S.L.U. <http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2015.10.002>

Benito Bernardino, Guillamón María-Dolores, Ríos Ana-María, Albaladejo Francisco. (2017). *Can salaries and re-election prevent political corruption? An empirical evidence*. 10.1016/j.rcsar.2017.04.003. *Revista de Contabilidad*.

Bergson, H. (2007). *La evolución creadora*. Editorial Cactus. Buenos Aires

Boisier, Sergio (1996). *Modernidad y territorio, Santiago de Chile, Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planeación Económica y Social–CEPAL*.

Black, F. y Scholes, M. (1973). *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*, *Journal of Political Economy*, 81, pp. 637-654.

Boltzmann L. (1872) *Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen*, *Wien. Ber.* 66, 275–370.

Boltzmann L. (1905) *Populäre Schriften*. Reimpreso en 2016. Alemania Pages 449. [1905].

Boltzmann L. *Encyclopedia Británica* (2020). Boltzmann S. UK.

Bravo Gustavo, (1998). *Historia de la Antigua Roma. Historia y geografía*. Alianza Editorial, S. A., Madrid, 1998

Brown Sarah, Pulak Ghosh, Li Su, Taylor Karl (2015). *Modelling household finances: A Bayesian approach to a multivariate two-part model*. United Kingdom. *Journal of Empirical Finance* Volume 33, September 2015, Pages 190-207.

Brillouin Léon (1959). *La science et la théorie de l'information*. Paris, Masson.

Burton, D. (2018). "The US racial wealth gap and the implications for financial inclusion and wealth management policies", *Journal of Social Policy*, Vol. 47 No. 4, pp. 683-700.

Cajueiro D., Tabak B. (2005). *Ranking efficiency for emerging equity markets II Chaos Solitons Fractals*, 23 (2005), pp. 671-675

Cesarman E. (1982). *Orden y Caos (el complejo orden de la naturaleza)*. Editorial Diana. Mexico

- Cengel Yunus A. (2015). *Termodinámica*. 8va edición Mc Graw Hill. pp. 279-401.
- CENSUS. United Census Bureau (2020). *Unequality in the USA 2017*. Consultado en 04/2020 <https://www.census.gov/>
- Chen P. L., Pai C. W. (2018). *Pedestrian smartphone overuse and in attentional blindness: An observational study in Taipei, Taiwan* *BMC Public Health*, 18 (1) (2018), p. 1342, 10.1186/s12889-018-6163-5.
- Chen Longmei, Wan Alan T. K., Geoffrey Tso Y Xinyu Zhang (2018): *A model averaging approach for the ordered probit and nested logit models with applications*, *Journal of Applied Statistics*, DOI: 10.1080/02664763.2018.1450367.
- Clausius, R. (1865). *The Mechanical Theory of Heat – with its Applications to the Steam Engine and to Physical Properties of Bodies*. London: John van Voorst, 1 Paternoster Row. MDCCCLXVII.
- Coldwell D. (2016). *Entropic citizenship behavior and sustainability in urban organizations: Towards a theoretical model* *Entropy*, 18 (12) 10.3390/e18120453.
- CNNIC Centro de Información de la Red de Internet de China, CNNIC (05/04/2020) Recuperado de <http://www.cnnic.net.cn/en/index/index.htm>
- CONDUSEF (15 de junio de 2020). *Educa tu cartera*. Material interactivo. Recuperado de: <https://webappsos.condusef.gob.mx/EducaTuCartera/index.html>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, CONEVAL (2018). *Informe de Evaluación de la Política de Desarrollo social 2018*. Primera edición Ciudad de México.
- Lusardi Clark, R. y Mitchell, O. S. (2017). *Employee financial literacy and retirement plan behavior: A case study*. *Economic Inquiry*, 55(1), 248–259. <https://doi.org/10.1111/ecin.12389>
- Comité de Educación Financiera, CEF (2017). *Estrategia Nacional de Educación Financiera (ENEF)*. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Gobierno de México.
- Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV, 2019). *Información de sector Banca Múltiple*. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Gobierno de México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/497150/Comunicado\\_de\\_Prensa\\_058\\_\\_BM\\_agosto\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/497150/Comunicado_de_Prensa_058__BM_agosto_2019.pdf). Agosto 2019.
- Cooper, K. y Walker, C. (2016), “Security from terrorism financing: models of delivery applied to IVTS”, *British Journal of Criminology*, Vol. 56 No. 6, pp. 1125-1145.
- Corrado, G. y Corrado, L. (2015), “The geography of financial inclusion across Europe during the global crisis”, *Journal of Economic Geography*, Vol. 15 No. 5, pp. 1055-1083
- Cox P., Whitley J. y Brierley P. (2002). *Financial pressures in the UK household sector: evidence from the British Household Survey*. *Bank of Engl. Q. Bull*, pp. 410-419 (Winter).
- Creighton M., Park H. (2010). *Closing the Gender Gap: Six Decades of Reform in Mexican Education*. *Comparative Education Review* 54 (4), 513–537.
- Cucinelli Doriana, Trivellato Paolo, Zenga Mariangela (2019). *Financial Literacy: The Role of the Local Context*. *Financial Literacy and Education* Volume 53. Pages 1874-1919. <https://doi.org/10.1111/joca.12270>
- Davidson I. y W. Fan (2006). “When efficient model averaging out-performs boosting and bagging,” in *Proc. 10th Eur. Conf. Principles Practice Knowl. Discov. Databases*, 2006, pp. 478–486.
- Definición. de. *Diccionario de términos*. ¿Qué es un iceberg?(2020) <https://definicion.de/iceberg/>.
- Diagnóstico del Gobierno de Chihuahua (2017). *Plan de desarrollo estatal 2017-2021*. Consultado en 8/2020. Recuperado de: <http://www.chihuahua.gob.mx/planestatal/des-diagnostico.html>

- Díez Esteban José María, Jorge Benito Farinha, Conrado Diego García Gómez (2018). *Are religion and culture relevant for corporate risk-taking? International evidence. BRQ Business Research Quarterly. España.*
- Douglas Hubbard. (2007). *How to Measure Anything: Finding the Value of Intangibles in Business. John Wiley & Sons.*
- Drăgulescu, A. A., y V. M. Yakovenko, (2003), "Statistical mechanics of money, income, and wealth: a short survey," in *Modeling of Complex Systems: Seventh Granada Lectures*, edited by P. L. Garrido and J. Marro, American Institute of Physics (AIP) Conference Proceedings 661, pp. 180–183.
- Dreze, J., Hills, J. and Sen, A., Hill y Ahmad (1991), *Social Security in Developing Countries. London School of Economics Welfare State Programme. Clarendon, Oxford.*
- Duan J. (2012). *The study on business growth process management entropy model. Phys. Procedia, 24, pp. 2105-2110.*
- El-Shagi Makram (2011). *Inflation expectations: Does the market beat econometric forecasts? North American Journal of Economics and Finance 22 (2011) 298–319.*
- Elhai J.D., Levine J.C., Hall B.J. (2018). *The relationship between anxiety symptom severity and problematic smartphone use: A review of the literature and conceptual frameworks. Journal of Anxiety Disorders, 62 (2018), pp. 45-52, 10.1016/j.janxdis.2018.11.005.*
- Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares, ENDUTIH (2019). INEGI. México. Consultado en 04/2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2019/default.html#Documentacion>*
- Encuesta Nacional de Dinámica Demográfica (2018). INEGI. Encuesta Nacional de Dinámica Demográfica. ENADID 2018. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/enadid/2018/>.*
- Fang Shu Cherng, Rajasekera J.R., Tsao H.S. (1997). *Entropy optimization and mathematical programming. International Series in Operations Research and Management Science. Department of Operations Research. Stanford University. USA. pp. 17-44.*
- Fama E.F. (1965). *The behavior of stock-market prices J. Bus., 38, pp. 34-105.*
- FATF. *The Financial Action Task Force (2017). Anti-Money Laundering and Terrorist Financing Measures and Financial Inclusion. <http://www.fatf-gafi.org/media/fatf/content/images/Updated-2017-FATF-2013-Guidance.pdf>. Paris, France 2017.*
- Fast Company (2019). *The future of Business is here. The Best and worst countries for business: Global upheaval edition. <https://www.fastcompany.com/90350682/the-best-and-worst-countries-for-business-global-upheaval-edition>.*
- Fernández Villaverde, J., Guerron-Quintana, P., Kuester, K. by Rubio-Ramírez, J. (2015). *Fiscal volatility shocks and economic activity. The American Economic Review, 105(11), 3352–3384.*
- Fernández Vázquez Esteban, Blanca Moreno (2017). *Entropy Econometrics for combining regional economic forecasts: A Data-Weighted Prior Estimator. J Geogr Syst (2017) 19:349–370.*
- Fernández Olit B., Martín Martín J. M. y Porras González E. (2020). *Systematized literature review on financial inclusion and exclusion in developed countries. International Journal of Bank Marketing Vol. 38 No. 3, 2020 pp. 600-626. DOI 10.1108/IJBM-06-2019-0203.*
- Ferreira P., Dionísio A., Correia J. (2018). *Non-linear dependencies in African stock markets: Was subprime crisis an important factor? Physica A, 505, pp. 680-687.*
- Ferraz, C. y Finan, F. (2011). *Electoral accountability and corruption: Evidence from the audits of local governments. American Economic Review, 101, 1274–1311.*

- Fiske ST, Cuddy AJC, Glick P. (2007). *Universal dimensions of social cognition: warmth and competence*. *Trends Cogn. Sci.* 11, 77–83.
- Freelancer (2019). *Estos son los empleos on line con mayor demanda*. Consultado el 23 de marzo de 2020. Recuperado de: <https://www.infobae.com/america/tecno/2019/10/24/estos-son-los-empleos-on-line-con-mayor-demanda/>
- Frisch, Ragnar (1933). *Propagation and Impulse Problems in Dynamic Economics*. Instituto Universitario de Economía. Oslo, Noruega. 1933.
- Frisancho Verónica. (2019). *Economics of Education Review*, <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2019.101918>
- Fukuda Kosei (2020). *Identifying uncertainty shocks using world diffusion index*, *Applied Economics*, 52:15, 1718-1732, DOI: 10.1080/00036846.2019.1677853
- Gao X. (2009). *Some properties of continuous uncertain measure*, *Int. J. Uncertain. Fuzziness Knowl.-Based Syst.* 17 (3).419–426, doi:10.1142/s0218488509005954.
- Galam, S., Y. Gefen, Y. Shapir, 1982, “Sociophysics: a new approach of sociological collective behaviour. I. Meanbehaviour description of a strike,” *Journal of Mathematical Sociology* 9, 1–13.
- Galam, S., 2004, “Sociophysics: a personal testimony,” *Physica A* 336, 49–55.
- Gibbs, Josiah Willard (1902). *Elementary Principles of Statistical Mechanics*. Scribner’s sons. Nueva York E.E.U.U.
- German, M. (2008). *Modelovanie vzťahov na trhu práce pomocou metód maximálne vierohodnosti*, Diploma thesis, Univerzita Komenského v Bratislave.
- Goodell John W., McGee Richard, McGroarty J. Frank (2019). *Election uncertainty, economic policy uncertainty and financial market uncertainty: A prediction market analysis*. *Journal of Banking and Finance*.
- Gonga Zaiwu, Wanga Hui, Weiwei Guoa, Zejun Gong, Guo Wei (2020). *Measuring trust in social networks based on linear uncertainty theory*. *Information Sciences* 508. Pp. 154–172.
- González G. (2006). *Relación entre la iglesia y las fuerzas armadas*. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Gulen H. e Ion M. (2016). *Policy uncertainty and corporate investment* *Rev. Financ. Stud.*, 29, pp. 523-564.
- Haïfa Ben-Romdhane, Taha B.M.J.Ouarda, Prashanth Marpu, Anbiah Rajan, Ibrahim Bugla, Richard J.O. Perry y Hosni Ghedira (2020). *Studying coral reef patterns in UAE waters using panel data analysis and multinomial logit and probit models*. *Ecological Indicators* Volume 112, May, 106050.
- Hcyan Shahen (2011). *Física y metafísica del espacio y el tiempo. La filosofía en el laboratorio*. Fondo de de Cultura Económica. México: FCE, 2004.
- Hastie T., Tishirani R., and J. Friedman (2011). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer-Verlag, New York, 2001.Han PKJ. (2013). *Conceptual, methodological, and ethical problems in communicating uncertainty in clinical evidence*. *Med. Care Res. Rev.* 70, 14S–36S. (doi:10.1177/1077558712459361).
- Haripriya S., Samuel S.E. y Megha M. (2019). *Correlation between smartphone addiction, sleep quality and physical activity among young adults* *JOURNAL of CLINICAL and DIAGNOSTIC RESEARCH*. Advance online publication 10.7860/JCDR/2019/42168.13212.
- Hartley Ralph V. L. (1928). "Transmission of Information". *Bell System Technical Journal*. July 1928, p. 535–563. Consultado el 26 de agosto de 2020.

- Hofstede, Hofstede y Minkov (2010). *Cultures and Organizations: Software of the Mind*. McGraw Hill (1991). Consultado 03/01/2020.
- Hofstede, Geert (2001). *Culture's Consequences: Comparing Values, Behaviors, Institutions, and Organizations Across Nations* (2.ª ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Hoogduin, LH. y SNIPPE, J., 1987, *Uncertainty in of macroeconomics an essay on adequate abstraction in: De Economist*. 135, 4, p. 429-441 13 pp.
- Hwa Sung K. (2020). *Investment decisions and debt financing under information uncertainty*. *The North American Journal of Economics and Finance* Volume 52, April 2020, 101106. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2019.101106>.
- Indicadores Básicos de las Tarjetas de Crédito, IBTC (2020). Banco de México datos a junio de 2019. Recuperado el 10/04/20. <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/rib-tarjetas-de-credito/%7B1F51BE6A-0A37-6043-8FEB-0B57D9CDC0E8%7D.pdf>
- ILPES, Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (1980). *Ensayos sobre planificación regional del desarrollo, México, Siglo XXI*.
- Informe estadístico sobre el desarrollo de Internet en China (2019). *Cyberspace Administration of China*. (43º Texto completo) Consultado en 7/2020. [http://www.cac.gov.cn/2019-02/28/c\\_1124175677.htm](http://www.cac.gov.cn/2019-02/28/c_1124175677.htm).
- INEGI, (2015). *Encuesta Intercensal 2015*. Recuperado en 04/2020 de: [https://www.inegi.org.mx/temas/educacion/default.html#Informacion\\_general](https://www.inegi.org.mx/temas/educacion/default.html#Informacion_general)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y Comisión Nacional Bancaria y de Valores (2018). *Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (ENIF, 2018)*. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2018). *Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE)*. Recurso en línea consultado el 8/04/2020. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enaproce/2018/doc/ENAPROCE2018Pres.pdf>.
- IPCC. *Intergovernmental panel on climate change. Guidance note for lead authors of the IPCC fifth assessment report on consistent treatment of uncertainties IPCC Cross-Working Group Meeting on Consistent Treatment of Uncertainties*. Jasper Ridge, CA, USA 6-7 July 2010.
- Ivanyuk V. (2018). "Econometric Forecasting Models Based on Forecast Combination Methods," 2018 Eleventh International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD, Moscow, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/MLSD.2018.8551825.
- Iyke Bernard Njindan, Ho Sin-Yu (2019). *Consumption and exchange rate uncertainty: Evidence from selected Asian countries*. *The World economy*. First published: 06 November 2019. <https://doi.org/10.1111/twec.12900>
- Jaynes E. T. (1957). *Information Theory and Statistical Mechanics*. *Phys. Rev.* 108, 171. Department of Physics, Stanford University, California. USA.
- Jens C. (2017). *Political uncertainty and investment: causal evidence from U.S. gubernatorial elections* *J. Financ. Econ.*, 124.
- Jigoku Umi. *El infierno Mar en Beppu, Oita, Japón 2010*. Consultada en: [https://es.123rf.com/photo\\_57693681\\_umi-jigoku-o-el-infierno-mar-en-beppu-oita-jap%C3%B3n-es-uno-de-los-m%C3%A1s-bellos-infiernos-el-quot-infierno-mar-.html](https://es.123rf.com/photo_57693681_umi-jigoku-o-el-infierno-mar-en-beppu-oita-jap%C3%B3n-es-uno-de-los-m%C3%A1s-bellos-infiernos-el-quot-infierno-mar-.html)
- Juster, F. T., & Wachtel, P. (1972). *Inflation and the consumer*. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1972(1), 71–121. Juster, F. T., & Wachtel, P. (1972b). *A note on inflation and the saving rate*. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1972(3), 765–778.
- Kahlo Frida (1939). *Las dos Fridas*. Museo de Arte Moderno de México, México D.F.

- Kapur, J.N., y Kesavan, H.K., (1992). *Entropy Optimization Principles with Applications*, Academic Press, Boston.
- Kelly, B., Pastor L., Veronesi, P. (2016). *The Price of political uncertainty: theory and evidence from de option market*. *J Finance*.
- Klass, O. S., O. Biham, M. Levy, O. Malcai, and S. Solomon, (2007), "The Forbes 400, the Pareto power-law and efficient markets," *The European Physical Journal B* 55, 143–147.
- Klieštík Tomáš, Katarína Kočišová y Mária Mišanková (2015). *Logit and Probit Model used for Prediction of Financial Health of Company*. *Procedia Economics and Finance*, 23, 850 – 855.
- Knight, F.H. (1921). *Risk, Uncertainty, and Profit*. Boston, MA: Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Company.
- Kollár B. y Cisko, Š. (2014). *Credit risk quantification with the use of Credit Risk*. *International Conference on Management, Education, Business, and Information Science*, 43-46.
- Kristoufek L., Vosvrda M. (2014). *Measuring capital market efficiency: long-term memory, fractal dimension and approximate entropy* *Eur. Phys. J. B*, 87 (2014), p. 162
- Latorre Estrada E. (1996). *Teoría General de Sistemas*. Santiago de Cali 1996.pp. 59.
- Lane P. (2018). *Money Laundering Through the Black Market Peso Exchange*. USA. Consultado en 05/2020. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=acf393a5-7fea-49ac-a51f-17afab60a75a>
- Lavalle, Jorge Luis (2018). *Inclusión Financiera en México*. Alliance for Financial Inclusion OCDE. Recuperado de: <https://www.oecd.org/parliamentarians/meetings/meeting-on-the-road-london-april-2018/Speech-on-inclusive-finance-in-mexico-by-Jorge-Luis-Lavalle-delivered-on-5-April-2018.pdf>
- Lasswell HD. (1948). *The structure and function of communication in society*. In *The communication of ideas* (ed. L Bryson), pp. 37 – 51. New York, NY: Harper.
- Le Chatelier H.(1888). *Recherches Experimentales et Theoriques sur les Equilibres Chimiques (Experimental and Theoretical Research on Chemical Equilibria)*; *Annales des Mines, Huitieme Serie, Memiores, XIII*; Dunod: Paris, France, 1888.
- Leiva F. Muñoz, Climent Climent S., Liébana Cabanillasa F., (2016). *Determinants of intention to use the mobile banking apps: An extension of the classic TAM model* Department of Marketing and Market Research, University of Granada, Spain Faculty of Business and Business Administration.
- LESI. *La entropía su Importancia*. 2014. Consultado en 05/2020. <https://la-entropia-y-su-importancia.webnode.es/news/primer-blog/>
- Levy, M., (2003), "Are rich people smarter?" *Journal of Economic Theory* 110, 42–64.
- Levy, M., y H. Levy, (2003), "Investment talent and the Pareto wealth distribution," *Review of Economics and Statistics* 85, 709–725.
- Levenko Natalia (2020). *Perceived uncertainty as a key driver of household saving*. *International Review of Economics & Finance* Volume 65, January 2020, Pages 126-145.
- Liu D.B. (2007) *Uncertainty Theory*. In: *Uncertainty Theory*. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, vol 154. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-73165-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-540-73165-8_5)
- Liu D.B., y Chen X.W. (2015). *Uncertain multiobjective programming and uncertain goal programming*, *J. Uncertain. Anal. Appl.* 3 (1). 10, doi:10.1186/s40467-015-0036-6.
- Lotfi, Farhad, Fallahnejad, Reza. 2010. *Imprecise Shannon's Entropy and Multi Attribute Decision Making*. Consultado en línea en 01/05/2020. 10.3390/e12010053.



- López Cándido y Veiga Manuel (2002). *Teoría de la Información y Codificación*. Universidad de Vigo 2002.<http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/188/mybook.pdf?sequence=1>.
- Malakoutikhah Z. (2020). *Financial exclusion as a consequence of counter-terrorism financing*. *School of Law, University of Leeds, Leeds, UK*. Vol. 27 No. 2, 2020 pp. 663-682. Emerald Publishing Limited 1359-0790 DOI 10.1108/JFC-09-2019-0121.
- Martínez García M. Á., Robles Ortiz David (2018). *Determinantes principales de la informalidad: un análisis regional para México*. *Región y sociedad*, vol.30, n.71 Hermosillo Jan./Apr. México. <http://dx.doi.org/10.22198/rys.2018.71.a575>
- Martínez Miranda Elio. 2020. *Opciones Reales. Material del aula. Facultad de Ingeniería. División de Estudios de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Markowitz, Harry (1952). «*Portfolio Selection*». *The Journal of Finance* : 77-91. [doi:10.2307/2975974](https://doi.org/10.2307/2975974). Consultado en mayo 2020.
- Marx, Karl (1959). *El Capital*. Tomo 1. Fondo de cultura Económica. Edición en español de 1959. Reimpresión de 1995.
- Maasoumi, E. y J. Racine (2002) “Entropy and predictability of stock market returns”, *Journal of Econometrics* 107, 2002, pp. 291-312.
- Maxwell, James Clerk. 1890. *The scientific papers of James Clerk Maxwell Vol II*, Cambridge, University Press.
- Mirowski, P. (1999). *Cyborg Agonistes: Economics Meets Operations Research in Mid- Century*. *Social Studies of Science*, London, v. 29, p. 685-718.
- Mishkin, F. S. (1999). *Global financial instability; framework, events issues*. *J. Econ. Perspect*, 13, 3-20.
- Montenegro, Á. (2011). *Información y entropía en economía*. *Revista de Economía Institucional*, 199-221. Consultado en mayo de 2020, de <http://www.economiainstitutional.com/pdf/No25/amontenegro25.pdf>.
- Moore Philippa, Gricelda Gómez, Kurtz Suzanne, Vargas Alex. (2010). *La comunicación médico-paciente: ¿Cuáles son las habilidades efectivas?* *Revista Médica de Chile* 2010. 138: 1047-1054.
- Mukhopadhyay Arunabha, Samir Chatterjee, Kallol K. Bagchi, Peteer J. Kirs, Girja K. Shukla (2017). *Cyber Risk Assessment and Mitigation (CRAM) Framework Using Logit and Probit Models for Cyber Insurance*. Springer Science+Business Media, LLC.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2017). *Communicating Science Effectively: A Research Agenda* (National Academies Press, 2017).
- OCDE *La educación financiera en América Latina y el Caribe situación actual y perspectivas* (2013). Banco de desarrollo de América Latina. Recurso en línea consultado el 4/09/2020. [https://www.oecd.org/daf/fin/financial-education/oecd\\_caf\\_financial\\_education\\_latin\\_americaes.pdf](https://www.oecd.org/daf/fin/financial-education/oecd_caf_financial_education_latin_americaes.pdf)
- OCDE *Estudios Económicos en México* (2017). Comité de Análisis Económico y del Desarrollo de la OCDE. México 2017. Consultado el 31-03-2020. <http://www.oecd.org/economy/surveys/mexico-2017-OECD-Estudios-economicos-de-la-ocde-vision-general.pdf>
- OCDE (2019), *Under Pressure: The Squeezed Middle Class*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/689afed1-en>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). *Coronavirus (COVID-19) (2020). Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19)*, <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019>.

- Organización de las Naciones Unidas, CEPAL y Rosado J., Villareal F., Stezano F., (2020). *Fortalecimiento de la inclusión y capacidades financieras en el ámbito rural. Pautas para un plan de acción. FIDA, UE. Publicación de las Naciones Unidas Impreso en Naciones Unidas, Ciudad de México, 2020-15.*
- Óskarsdóttir M, Bravo, Cristián, Sarraute, Carlos, Baesens Bart, Vanthienen, J. (2019). *The value of big data for credit scoring: Enhancing financial inclusion using mobile phone data and social network analytics, Applied Soft Computing Journal, <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.10.004>*
- Pareto, V. (1896). *Cours d'Économie Politique. Tome I, F. Rouge Libraire-Éditeur, Lausanne. Obras completas publicadas bajo la dirección de G. Busino, Librairie Droz, Genève, 1964.*
- Pelorosso R., Gobattoni F., Leone A., (2017). *The low-entropy city: A thermodynamic approach to reconnect urban systems with nature. Landscape and Urban Planning. Volume 168, December 2017, Pages 22-30.*
- Politi M. C., Clark M. A., H. Ombao, D. Dizon, G. Elwyn (2011). *Communicating uncertainty can lead to less decision satisfaction: A necessary cost of involving patients in shared decision making? Health Expect. 14, 84–91.*
- Panel Study of Income Dynamics (PSID) 2020. Institute for Social Research USA. Consultada el 30/08/2020. Recuperado de: <https://psidonline.isr.umich.edu/>
- Quartz (2019). *Inteligencia Artificial. Consultado en Abril 2020. <https://qz.com/1551851/quartz-2019-obsessions-how-were-restructuring-our-newsroom/>*
- Ramos, P. V. (2017). *El papel de las sociedades cooperativas de ahorro y préstamo en la inclusión financiera en México, 2009-2015. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Economía. Centro de Estudios del Desarrollo Económico Social. México.*
- Reichenbach Hans, (1959). *Modern Philosophy of Science, pp.106-108 Consultado el 5/09/2020 Recuperado de: <https://books.google.com.ni/books?id=R80Dat0IZ24C>*
- Ruiz Armenteros Antonio Miguel, García Balboa José Luis, Mesa Mingorance José Luis. (2010). *Error, incertidumbre, precisión y exactitud, términos asociados a la calidad espacial del dato geográfico. CICUM 2010.*
- Rubicondo, Cesar (2013). *Un enfoque logit para estimar la fragilidad del sistema financiero Venezolano. Saber vol.25 no.3 Cumaná set.*
- Ruiz G. y Tsallis C., (2011). *Towards a large deviation theory for statistical mechanical complex systems. 2011. Consultado en Mayo 2020. <https://arxiv.org/pdf/1211.2124.pdf>.*
- Rutherford E. (1911). *The scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  particles by matter and the structure of the atom Philosophical Magazine. Series 6, 21.*
- Ryan Nicole A., Johnson Jeremiah X. y Keoleian Gregory A. (2016). *Comparative Assessment of Models and Methods To Calculate Grid Electricity Emissions. Environmental Science Technology 2016, 50, 8937–8953.*
- Sadi Carnot (1824). *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia, Escuela Politécnica París, Francia.*
- Sánchez M.A., Granero, K.A. Balladares, J.P.Ramos Requena, J.E.Trinidad-Segovia (2020). *Testing the efficient market hypothesis in Latin American stock markets. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications Volume 540, 15 February 2020, 123082.*
- Sayari Naz, Can Simga Mugan (2017). *Industry specific financial distress modeling. Elsevier España. Bussines Research Quarterly.*
- Segal, G., Shaliastovich, I., Yaron, A. (2015). *Good and bad uncertainty: macroeconomic and financial market implications. J. Financ. Econ.*

Serway Raymond A. Moses C., Moyer C., (2005). *Física Moderna*. Editorial Thomson. México.

Shaikh y Karjaluto, (2015). *Mobile banking adoption: A literature review* A.A. Shaikh and H. Karjaluto *Telematics and Informatics*, 32 (1) (2015, February), pp. 129-142.

Sheraz Muhammad, Dedu Silvia y Preda Vasile. (2015). *Entropy measeres for Assessing Volatile Markets*. Bucarest, Rumania. 2nd International Conference 'Economic Scientific Research - Theoretical, Empirical and Practical Approaches'.

Schrödinger. Erwin, (1943). *What is life?* Cambridge University Press. Reino Unido.

Shannon, C. E., Weaver, W. (1949) *La Teoría Matemática de la Comunicación*, Universidad de Illinois Press. ISBN 0-252-72548-4.

Simionescu Mihaela (2014). *The accuracy assessment of macroeconomic forecasts based on econometric models for Romania* Mihaela Simionescu. *Procedia Economics and Finance* 8, 671 – 677.

Silva, A. C., and V. M. Yakovenko, (2005), "Temporal evolution of the 'thermal' and 'superthermal' income classes in the USA during 1983-2001," *Europhysics Letters* 69, 304–310.

Sinha, S., 2006, "Evidence for power-law tail of the wealth distribution in India," *Physica A* 359, 555–562.

Spiegelhalter DJ, Pearson M y Short I. (2011). *Visualizing uncertainty about the future*. *Science* 333, 1393–1400. (doi:10.1126/science.1191181)

Slovic P. (1993). *Perceived risk, trust, and democracy*. *Risk Anal.* 13, 675–682. (doi:10.1111/j.1539-6924.1993.tb01329.x)

Soomro K.A., Zai S.A.Y., Nasrullah, Q.A. Hina (2019). *Investigating the impact of university students' smartphone addiction on their satisfaction with classroom connectedness* *Education and Information Technologies*, 24 (6) (2019), pp. 3523-3535, 10.1007/s10639-019-09947-7

Sun Hongyan, Desmond C.Y.Yuen, Jiahang Zhang, Xu Zhangb (2019). *Is knowledge powerful? Evidence from financial education and earnings quality*. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2019.101179>

Stanujkic, D.; Popovic, G.; Zavadskas, E.K.; Karabasevic, D.; Binkyte-Veliene, A.(2020) *Assessment of Progress towards Achieving Sustainable Development Goals of the "Agenda 2030" by Using the CoCoSo and the Shannon Entropy Methods: The Case of the EU Countries*. *Sustainability* 2020, 12, 5717.

Tang Weihao, Yanying Li, Yang Yu, Zhongyu Wang, Tong Xu, Jingwen Chen, Jun Lin, Xuehua Li (2020). *Development of models predicting biodegradation rate rating with multiple linear regression and support vector machine algorithms*. *Chemosphere* 253 (2020). Consultado en: [www.elsevier.com/locate/chemosphere](http://www.elsevier.com/locate/chemosphere) <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126666>.

Taleb N.N. (2010). *The Black Swan*. Penguin Google Scholar, 978-0-1410-3459-1.

Taylor, B.N.; Kuyatt, C.E. (1994). *Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results*. NIST Technical Note 1297. Washington.

Taylor, L. D., & Houthakker, H. S. (2009). *Consumer demand in the United States: Prices, income, and consumption behavior*. Springer Science & Business Media.

Tintner, Gerhard (1968). *Methodology of Mathematical Economics and Econometrics*. Chicago, University of Chicago Press. USA.

Tyrtania Leonardo (2008). *La indeterminación entrópica. Notas sobre disipación de energía, evolución y complejidad*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México, Distrito Federal.

Transparencia Internacional. *Corruption Perceptions Index* (2019). Consultado el [https://www.transparency.org/files/content/pages/2019\\_CPI\\_Report\\_EN.pdf](https://www.transparency.org/files/content/pages/2019_CPI_Report_EN.pdf). 24/07/2020.

Thind Maninder PS, Wilson Elizabeth J, Azevedo Inês L, Marshall Julian D. (2017). *Marginal emissions factors for electricity generation in the midcontinent iso*. *Environ Sci Technology*;51(24):14445–5.

Thomson R. Camilla, Harrison Gareth P, Chick John P. (2017). *Marginal greenhouse gas emissions displacement of wind power in great britain*. *Energy Policy* 2017;101:201–10.

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL(2014). *Confiabilidad de las fuentes*. Consultado el 24/07/2020. <https://www.uanl.mx/utilerias/chip/descarga/confiabilidad-de-las-fuentes.pdf>.

Valdéz Alvarado, Aldo. (2017). *Introducción al Machine Learning con Big ML*. Consultado en 08/2020. 10.13140/RG.2.2.14186.47041

Van der Bles AM, van der Linden S, Freeman ALJ, Mitchell J, Galvao AB, Zaval L, Spiegelhalter DJ. (2019). *Communicating uncertainty about facts, numbers and science*. *R. Soc. open sci.* 6: 181870. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.181870>.

Velasco Andrés Enrique Miguel, Cruz Pedro Maldonado, Torres Valdéz Julio César y Atayde Maritza Cruz (2008). *La entropía como indicador de las desigualdades regionales en México*. Instituto Tecnológico de Oaxaca. *Econ. soc. territ* vol.8 no.27 Toluca may./ago. 2008.

Villatoro Francisco R. (2016). *Reseña de: Entropía la reina del desorden*. Enrique F. Borja Batiscafo, 2016. Consultado el 7/09/2020. Recuperado de: <https://francis.naukas.com/2016/08/19/entropia/>

Watkins Karen Fasslera, Fernández Pérez Virginia, Rodríguez Ariza Lázaro (2017). *President interlocking, family firms and performance during turbulent times: Evidence from Latin América*. Centro de Investigación e Inteligencia Económica, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 17 Sur 901, México.

Wells Fargo Bank NA (2020). Consultado el 25/08/20 <https://handsonbanking.org>

Williams, A.J. y Oumlil, B. (2015), “College student financial capability a framework for public policy, research and managerial action for financial exclusion prevention”, *International Journal of Bank Marketing*, Vol. 33 No. 5, pp. 637-653.

Williams, B. (2016). *Defining Organizational Entropy. Entropic Citizenship Behavior and Sustainability in Urban Organizations: Towards a Theoretical Model*. School of Economic and Business Sciences, University of the Witwatersrand, Private Bag1, Wits, Johannesburg 2050, South Africa.

Wooldridge Jeffrey M.(2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. 4ta Edición 2011. *Modelos de variable dependiente limitada y correcciones a la selección muestral*. pp 575-580.

Yao K. y Ji X.Y. (2014) *Uncertain decision making and its application to portfolio selection problem*. *Int. J. Uncertain. Fuzziness Knowl.-Based Syst.* 22 (01) (2014) 113–123, doi:10.1142/s0218488514500056.

Yanga Yang, Jing Gu, Zongfang Zhou (2016). *Credit risk evaluation based on social media*. *Environmental Research*. Volume 148, July 2016, Pages 582-585.

Yakovenko Victor M. y J. Barkley Rosser (2009). *Statistical mechanics of money, wealth, and income* Department of Economics, James Madison University, Harrisonburg, Virginia 22807, USA.

Yildiz Durak H. (2019). *Investigation of nomophobia and smartphone addiction predictors among adolescents in Turkey: Demographic variables and academic performance* *The Social Science Journal*, 56 (4) (2019), pp. 492-517,

Ying Zhao, Mengqi Yuan, Guofeng Su, Tao Chen (2015). *Crowd macro state detection using entropy model*. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. Volume 431, 1 August 2015, Pages 84-93.

Ying L. (2015). *Twin universes: Universal laws of thermodynamics* *American Journal of Modern Physics*, 4 pp. 1-4, 10.11648/j.ajmp.s.2015040101.11

You, J. S., y Khagram, S. (2005). *A comparative study of inequality and corruption*. *American Sociological Review*, 70, 136–157.

Zavala, Alicia, Day, Gary, Plummer, David, Bamford-Wade, Anita (2017) *Uncertainty of Physicians and Patients in Medical Decision Making*. *Decision-making under pressure: Medical errors in uncertain and dynamic environments*. *Australian Health Review*. 10.1071/AH16088.

Zhanga, Yaoa, Weib, Zuob y Liua (2017). *Constrained multinomial Probit route choice modeling for passengers in large-scaled metro networks in China*. *Transportation Research Procedia* 25 (2017) 2385–2395.

Zhou y Tong (2013). *Applications of Entropy in Finance*. *School of Economics and Management, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China*. *Entropy* 2013, 15, 4909-4931; doi:10.3390/e15114909

Zhou Huiquan y Nahri Jung Haijing Dai (2019). *Empowering migrant domestic helper's trough financial education*. *International Journal of Social Welfare*.