

ABCD' ECONOMÍA VBCD, ECONOMÍA V

TOMO II

Alejandro Mosiño
COORDINADOR

UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



ABCD'ECONOMÍA

Tomo II

Alejandro Mosiño
coordinador

UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



ABCD'ECONOMÍA, Tomo II, Primera edición, 2019

D.R. © Del texto: los autores

D.R. © De la edición:

Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato

División de Ciencias Económico Administrativas

Departamento de Economía y Finanzas

Fraccionamiento 1, Col. El Establo, C.P. 36250, Guanajuato, Gto., México

D.R. © De la edición: Secularte A.C.

<p>Esta obra está conformada por los trabajos sometidos y aceptados de acuerdo con la convocatoria emitida por el Departamento de Economía y Finanzas de la Universidad de Guanajuato. Los trabajos se sometieron al sistema de dictaminación de doble ciego por pares académicos con reconocimiento nacional en sus áreas. El resultado de los dictámenes fue positivo.</p>
--

Maquetación: Luis Villalobos

ISBN: 978-607-441-696-1

El presente ejemplar es de distribución y descarga en acceso abierto conforme a lo permitido por la licencia Creative Commons.

Hecho en México - *Made in Mexico*

Índice

Presentación		7
Economía en tres actos	<i>Luis Sánchez Mier</i>	11
Teoría de juegos	<i>Alejandro T. Moreno Okuno Lari A. Viñanto Antonio Carrillo Viramontes</i>	25
Principios de decisiones financieras	<i>Fernando García Barragán</i>	53
Economía internacional	<i>Manuel Gómez Zaldívar</i>	73
La heterogeneidad del mercado de trabajo en México y América Latina y el Caribe	<i>Coralía Quintero Rojas</i>	95
Evaluación de políticas públicas, una introducción	<i>Alejandro Mosiño Antonio Baez Morales</i>	105

Lista de autores

Departamento de Economía y Finanzas

Universidad de Guanajuato

Luis Sánchez Mier
luis.sanchezmier@ugto.mx

Lari A. Viianto
la.viianto@ugto.mx

Alejandro T. Moreno Okuno
atatsuo@hotmail.com

Fernando García Barragán
garcia.barragan@gmail.com

B. Édgar Cruz González
be.cruz@ugto.mx

Coralía A. Quintero Rojas
coralia.azucena@yahoo.com

Alejandro Mosiño
alejandro.Mosino@gmail.com

Antonio Baez Morales
antonio.baez@ugto.mx

Presentación

Los libros ABCD'Economía tienen como objetivo principal el dar a conocer al público en general un poco sobre los quehaceres propios de un economista. Tienen, además, el objetivo de proporcionar a los aspirantes, estudiantes y egresados de la licenciatura y de la maestría en economía una herramienta de consulta fácil y ágil que les permita recordar los conceptos más importantes de su área de conocimiento.

El tomo I presenta las cuatro grandes áreas de estudio en economía: métodos cuantitativos, microeconomía, macroeconomía y econometría. Sin embargo, como es de imaginar, de estas se derivan muchos temas que podrían ser de interés de estudiosos y practicantes de la economía. Algunos de estos constituyen teorías completas, otros constituyen “simples” aplicaciones.

En el tomo II del libro ABCD'Economía presentamos seis capítulos que conservan el espíritu de su predecesor: son cortos y pretenden ser más una herramienta de consulta que una herramienta de aprendizaje por sí mismos. Además, con algunas de las aplicaciones que aquí presentamos, deseamos despertar la curiosidad del lector y su entusiasmo por analizar los fenómenos económicos a su alrededor.

El primer capítulo nos muestra que no todo en economía son matemáticas y que, de hecho, el estado del arte de esta ciencia es consecuencia de la interacción entre varias corrientes de pensamiento. En *tres actos*, veremos cómo la definición y el estudio de la economía giran alrededor de la palabra cooperación. Aprenderemos que, por un lado, la economía estudia las sociedades e instituciones que alientan la cooperación y el incremento de la riqueza material. Por otro lado, la economía busca poner en práctica instituciones que permita incluir a todas las personas en las ganancias de la cooperación y que estas ganancias se transformen en vidas más libres. Fundamentalmente, este capítulo argumenta que, contrario a la creencia de muchos economistas, el mercado no lo resuelve todo.

En el segundo capítulo presentamos uno de los temas que más apasionan a los economistas. En este hablaremos de la conocida *teoría de juegos*, la cual nos permite analizar situaciones en las que existen interdependencias entre las decisiones de diversos actores, que pueden ser personas, agentes económicos, jugadores, entre otros. Las matemáticas detrás de la teoría de juegos son complejas, pero la lógica es simple de comprender si pensamos en ejemplos tan simples como jugar al gato o la de un jugador de fútbol intentando decidir hacia dónde tirará un penalti. La teoría de juegos también nos permite analizar situaciones más complejas, como la de varios países interactuando para fijar el precio del petróleo. En este capítulo también aprenderemos qué es el equilibrio de Nash y cuál es su importancia. Por cierto, una película clásica entre los economistas es “Una mente brillante” en la que el actor Russell Crowe da vida al matemático John F. Nash. En esta hay una explicación muy simpática (que tiene que ver con una rubia y unas morenas) del significado del equilibrio de Nash. Si bien esta explicación no es del todo correcta, cumple en su intención de mostrar al público la importancia que tiene el pensar estratégicamente.

Muchos de los aspirantes a estudiar un grado en economía en realidad tienen en su mente estudiar *finanzas*. Este tema es uno de los grandes ausentes del tomo I, pero que en este tomo presentamos en el capítulo 3. Finanzas se puede definir como un área de la economía que trata de las decisiones relacionadas con el dinero e inversiones. Por ejemplo, la decisión de un grupo de personas de transferir un excedente de dinero a otro grupo de personas que necesitan recursos extras. En el capítulo daremos una introducción a una de las herramientas más importantes en finanzas, conocida como matemáticas financieras. Como veremos, estas nos ayudan a comprender las diferentes formas de especificación de las tasas de interés, así como la forma en que las capitalizaciones pueden tener un impacto en nuestras decisiones. Veremos que esta herramienta también resulta importante para comprender lo que es un portafolio de inversión, así como la importancia de la diversificación.

Una de las principales áreas derivadas de la macroeconomía es la *economía internacional*. En esta intentamos explicar las razones por las que dos o más países deciden intercambiar bienes y servicios. Como veremos en el capítulo 4, este intercambio implica el uso de diferentes divisas y formas de pago, y está sujeto a las regulaciones establecidas por los países participantes. Veremos, además, cómo ha sido la evolución en el tiempo del comercio a nivel mundial, y cuál es el nivel de importaciones y exportaciones de la economía mexicana. Para intentar justificar la

existencia del comercio internacional, presentamos el modelo de David Ricardo. El fundamento del modelo de Ricardo es la existencia de las llamadas ventajas comparativas: si cada país identifica las actividades económicas en las cuales tiene ventaja comparativa, entonces debería especializarse en estas y luego intercambiar los bienes que produce por los que no produce. Esto, como veremos, incrementa los niveles internacionales de consumo.

En el capítulo 5 analizamos el *mercado de trabajo* en México y lo comparamos con el mercado de trabajo de toda América Latina. La importancia que tiene el mercado de trabajo para la sociedad es muy grande, pues su mal funcionamiento puede afectar tanto al desempeño económico como a la cohesión social de un país. Esto se debe a que cuando una economía no utiliza óptimamente sus recursos escasos, no produce eficientemente. Además, veremos una de las características que sobresale en los mercados de trabajo de muchos países: su heterogeneidad. Por ejemplo, existe la brecha de género, que evidencia el contraste en la situación laboral de hombres y mujeres. Una explicación de esta es la discriminación contra la mujer, la cual se traduce en una situación laboral más precaria en promedio para las mujeres que para los hombres.

Finalmente, el capítulo 6 constituye una introducción a una de las aplicaciones más interesantes de la econometría. Esta es la *evaluación de políticas públicas*. Aprenderemos en qué consiste el modelo de Neyman-Rubin, el cual está diseñado para inferir la relación causal entre dos variables, tomando en cuenta los llamados efectos contra factuales. Muy al estilo del capítulo sobre econometría en el tomo I, este capítulo se explica mayormente con ejemplos numéricos que facilitan la comprensión y funcionamiento de los modelos.

No resta más que agradecer a los profesores del *Departamento de Economía y Finanzas de la Universidad de Guanajuato* que dedicaron su tiempo y esfuerzo a la redacción de los capítulos que conforman este tomo del ABCD'Economía y a todos aquellos quienes nos dan la oportunidad de publicarlo. Por supuesto, agradezco infinitamente a nuestros lectores, esperando que la lectura de este libro les resulte amena e interesante.

Alejandro Mosiño

Economía en tres actos

Luis Sánchez Mier

1 Primer acto

1.1 Obertura

La historia de la cooperación comienza al nivel de la familia. Cooperamos con otros cuando tenemos un propósito en común: organizar una fiesta, estudiar para un examen, iniciar un negocio o llevar a cabo un proyecto para la comunidad. Nos es más difícil imaginar cómo y por qué cooperarían cientos de miles o millones de personas que no tienen objetivos en común. Pero es posible.

La economía cuenta la historia de las formas en que los seres humanos han cooperado para procurarse los bienes materiales que necesitan y así emprender los proyectos de vida que considera valiosos. Formalmente, podemos decir que la *economía* es el estudio de la cooperación realizada a través del intercambio voluntario en el mercado, de las instituciones que lo hacen posible y de sus consecuencias. Pero no nos adelantemos.

Retrocedamos un poco y notemos que cada persona le da mayor importancia a ciertos objetivos, proyectos de vida y valores que tienden a perseguir de manera consistente. A veces los objetivos de varias personas coinciden, quieren ver la misma película, y en otros casos discrepan, quieren ver películas diferentes.

Si es natural que las personas cooperen cuando tienen intereses en común, ¿eso significa que cuando no los tienen no cooperan? Todos hemos escuchado que en las interacciones sociales, y en particular en las económicas, cuando alguien persigue sus intereses necesariamente lo hace a costa de los de otra persona, de tal cuenta que una gana y la otra pierde. Esto suena razonable, pero es completamente falso. De hecho, nuestro mundo sería imposible si esto fuera verdad. ¿A qué me refiero? A uno de los conceptos fundamentales de la economía: los intercambios de mutuo beneficio.

El momento dramático de esta historia tuvo lugar a finales del siglo XVIII, junto al descubrimiento de Adam Smith que dio lugar a la economía, esto es: cuando las personas intercambian bienes y servicios voluntariamente, este intercambio necesariamente es de beneficio mutuo; al hacerlo, quienes intercambian promueven sus propios intereses, pero también contribuyen a los fines de los demás.

En términos generales ese fue el descubrimiento de Smith, que el intercambio permite la cooperación entre personas que tienen intereses diferentes, y que estos intereses no están en conflicto, sino que se complementan. Es decir, a través de estos intercambios de mutuo beneficio se concilian los intereses de cada persona con los de otras. Por otra parte, al intercambiar con otras, las personas tienen una mayor capacidad para llevar a cabo sus propios proyectos. Quienes cooperan pueden tener intereses diferentes, pero eso no significa que deban estar en conflicto.

En el primer acto de nuestra historia nos encontramos en un escenario con millones de actores que intercambian y cooperan. La economía aparece como el estudio de la cooperación a través de intercambios de mutuo beneficio, el estudio del comportamiento de esos actores y los papeles que interpretan. ¿Cómo se realizan estos intercambios? ¿Qué determina la extensión de esta “cooperación implícita”? ¿Cuáles son sus límites? ¿En qué contexto ocurren?

El contexto es el escenario de nuestra historia y lo llamamos “mercado”. El mercado es lo que pasa cuando las personas intercambian bienes y servicios libremente en el marco de un Estado de Derecho, en el cual, como mínimo y con igualdad, se protegen la seguridad de las personas y su propiedad, así como los contratos mercantiles. Este marco es la escenografía. Detrás del escenario hay otros factores, como un idioma, una cultura común y un cierto grado de confianza en los demás. A la escenografía la llamaremos “instituciones” y aparecerá más adelante.

1.2 Orden espontáneo

Cuando las personas intercambian en los mercados ocurre algo sorprendente: sus decisiones no solo reconcilian sus intereses, sino que se coordinan como si fueran organizadas, pero esto ocurre sin planeación alguna. El mercado se ordena a sí mismo en un “orden espontáneo” que resulta de las acciones de muchos y del diseño de nadie.¹ Imaginemos un grupo de bailarines que sin previo ensayo llevan a cabo una coreografía, o un

¹ Parfraseo la célebre máxima de Adam Ferguson: “[...] the result of human action, but not the execution of any human design”. Para saber más al respecto, consulte <https://oll.libertyfund.org/groups/104>

grupo de personas que ejecutan una canción a coro sin haberse puesto de acuerdo. ¿Cómo es posible esto?

Adam Smith usó el término “mano invisible” para referirse a la forma en la que cada persona contribuye a lograr el interés de los demás mientras consigue el interés propio. Por ejemplo, un panadero obtiene dinero por el pan que vende, lo que le permite comprar ropa para sus hijos, en tanto que quien compra el pan satisface su necesidad de alimentación del día. Podemos decir que en este ejemplo el panadero valora menos al pan que el dinero que obtiene por él, al contrario que el comprador, quien valora más el pan que el dinero que le costó. Después de la transacción, como guiados por una mano invisible, ambos están mejor.² Resulta fascinante que un camino para lograr nuestros objetivos sea colaborar en el logro de los objetivos de otros.

El orden que surge en el contexto del mercado permite aprovechar la división del trabajo: cada persona se especializa en aquello en lo que es más productiva. En una orquesta, por ejemplo, sería muy difícil que un solo músico pudiera tocar todos los instrumentos, pero si cada uno de los otros músicos se concentra en tocar el suyo, juntos pueden dar un concierto. Cualquier estudiante universitario o de preparatoria sabe que es imposible conocer absolutamente todo acerca de todas las materias que estudian. En cambio, al especializarse, los científicos y académicos pueden producir mucho más conocimiento que si no lo hicieran.

Es fácil darse cuenta que sin la división del trabajo hubiera sido imposible tener la complejidad de los bienes con los que contamos hoy: teléfonos móviles, internet, conocimiento científico, etcétera. Solo tratemos de imaginar cuántas personas estuvieron involucradas en la elaboración del código del sistema operativo de nuestro teléfono, tanto en el espacio (ubicadas en muchos países) como en el tiempo (a través del conocimiento científico acumulado durante siglos). Al respecto, hay un proyecto de

² El texto original de *La riqueza de las naciones* dice: “As every individual, therefore, endeavours as much as he can both to employ his capital in the support of domestick industry, and so to direct that industry that its produce may be of the greatest value; every individual necessarily labours to render the annual revenue of the society as great as he can. He generally, indeed, neither intends to promote the publick interest, nor knows how much he is promoting it. By preferring the support of domestick to that of foreign industry, he intends only his own security; and by directing that industry in such a manner as its produce may be of the greatest value, he intends only his own gain, and he is in this, as in many other cases, led by an invisible hand to promote an end which was no part of his intention. Nor is it always the worse for the society that it was no part of it. By pursuing his own interest he frequently promotes that of the society more effectually than when he really intends to promote it”. El texto completo está disponible en <https://bit.ly/20NAHP5>

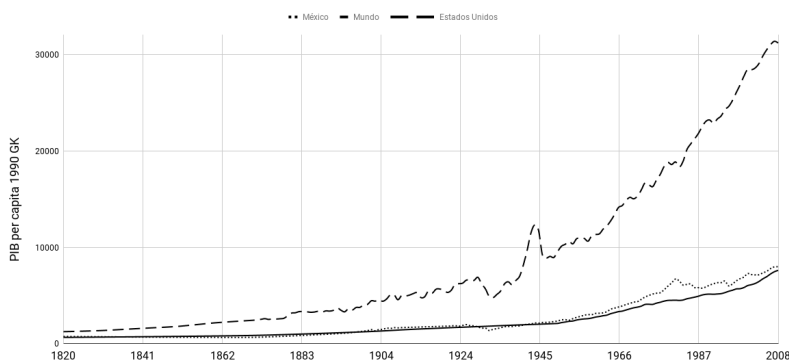


Figura 1: Ingreso per capita en dólares constantes.
Fuente: Maddison Project Database 2018.

la Universidad de Harvard que estudia la complejidad de los bienes y servicios y del intercambio comercial en el atlas de la complejidad económica. Vale la pena echarle un vistazo.³

Al agregar las transacciones voluntarias (por lo tanto, de mutuo beneficio) entre millones de vendedores y compradores de todo el planeta, podemos entender la abundancia de los medios materiales con los que contamos hoy. Estos medios superan en varios órdenes de magnitud a los que tenía la humanidad apenas hace doscientos años. Hoy nuestras vidas son más largas y mejores.

De 1820 a 2008 el ingreso promedio por persona en el mundo se incrementó once veces. En algunos países como Estados Unidos el incremento fue de veinticuatro veces. En la figura 1 se muestran los valores del ingreso per capita a lo largo del tiempo.⁴ En 1960 la esperanza mundial de vida al nacer era de 52.58 años; en 2017 era de 72.38 años.⁵ Los medios materiales con los que contamos para hacer nuestras vidas mejores y más largas han crecido exponencialmente.

Con frecuencia pasamos por alto que somos completamente interdependientes debido al grado de intercambio y de división del trabajo que

³ Atlas of Economic Complexity de Harvard en <http://atlas.cid.harvard.edu>

⁴ Bolt, Jutta, Robert Inklaar, Herman de Jong y Jan Luiten van Zanden (2018): "Rebasing 'Maddison': new income comparisons and the shape of long-run economic development", *Maddison Project Working*, Maddison Project Database, Paper 10.

⁵ Fuente: The World Bank, disponible en <https://data.worldbank.org/indicator/sp.dyn.le00.in>

aplicamos. Nuestras vidas serían materialmente imposibles sin la cooperación de todos. No puede haber concierto si faltan instrumentos en la orquesta.

1.3 Precios e información

La historia de la economía habla de la cooperación en el escenario del mercado, pero cada actor presenta sus propios intereses y no tienen un guión en común. ¿Cómo es que actúan juntos en la obra? Aunque el orden espontáneo no resulta de una planeación, sí tiene un mecanismo de coordinación. Este mecanismo es el sistema de precios. Los precios del mercado permiten a las personas y las empresas tomar las decisiones que satisfagan sus intereses de la mejor forma. Los precios toman el lugar del director de la obra o del conductor de la orquesta.

La teoría de los precios es la rama de la economía que estudia ese mecanismo de coordinación. Hoy entendemos que los precios coordinan las acciones de las personas al evitar los excesos de oferta o de demanda, y lo hacen transmitiendo información, pues cada precio revela datos agregados de las decisiones de millones de consumidores y empresas. Esto permite tomar decisiones que a la vez continuamente se retroalimentan con los precios.

Friedrich Hayek resaltó la función del mercado como mecanismo de transmisión de la información dispersa, y que no solo el orden espontáneo puede prescindir de un planificador. La planeación, de hecho, sería imposible porque no se puede sustituir el mecanismo de transmisión de información de los precios debido a que esa información agregada está dispersa entre millones de compradores y vendedores.⁶

¿Cuál es esta información dispersa? Es aquella con la que cuentan personas y empresas que no es visible de forma directa para los demás, por ejemplo, los intereses de cada persona, el valor que le dan al medio ambiente, los talentos que tienen, sus necesidades, la tecnología con la que cuenta una empresa y su capacidad para innovar. En ocasiones los consumidores y las empresas mismas desconocen parte de esa información, sin embargo, no puede haber un director de orquesta que no sepa quiénes son los intérpretes, qué instrumento tocan y qué partitura tienen.

Hay algo más profundo aquí: ningún planeador puede planificar lo que no conoce o administrar la innovación. Por su naturaleza, las innovaciones se dan por accidente, en parte, o por la combinación azarosa del

⁶ Al respecto, recomendamos leer el artículo del mismo Hayek titulado *The Use of Knowledge in Society*.

ingenio de varias personas. Imaginemos cuando Steve Jobs y Steve Wozniak se conocieron. ¿Quién hubiera podido predecir lo que su colaboración lograría? En nuestro escenario esto equivale a la improvisación. A veces la improvisación resulta divertida, dramática o aburrida, pero no se puede dirigir. La innovación es una forma de improvisación. Si la innovación no se puede administrar, ¿cómo es posible que ocurra en el mercado?

1.4 Emprendimiento, innovación y riqueza

El motor de cambio en el mercado es el emprendimiento. Cuando las empresas buscan más ganancias lo hacen a través de “experimentos”: prueban nuevas formas de hacer las cosas, nuevas recetas de fabricación o nuevos bienes y servicios que ofrecer, pero no hay ninguna garantía de que esos experimentos tengan éxito. De todos los bienes nuevos que presentan las empresas ¿cuántos sobreviven en el mercado? Los empresarios enfrentan riesgos al explorar métodos y mercados desconocidos, tal y como ocurre con los actores cuando improvisan.

De esta forma, los empresarios buscan nuevas oportunidades de intercambios de mutuo beneficio. Para poder aumentar sus ganancias, deben producir un beneficio para el público. Esta es la actividad que consigue las mejoras e innovaciones que vemos todos los días.

Mientras mayor sea el número de participantes en los intercambios, mayores serán los beneficios, tanto por el significativo número de intercambios posibles como por la mayor división del trabajo. Las ganancias del intercambio pueden trascender las fronteras. No hay límites a la cooperación que no sean los que ponemos nosotros mismos.

La innovación propicia el crecimiento económico, esto es, cuando lo que producimos crece más rápido que la población. En otras palabras, hay un crecimiento económico cuando aumenta el valor del promedio de productos por persona. El crecimiento económico incrementa las posibilidades materiales de las personas y los países.

Las posibilidades materiales con que un país cuenta, representadas por el valor de la producción promedio por persona, se consideran la “riqueza” de un país. La tasa de crecimiento económico es la velocidad a la que crece esa riqueza. La figura 1 muestra el crecimiento de México, de Estados Unidos y del mundo. Conforme las economías crecen, el promedio de ingresos de las personas se incrementa. La riqueza es proporcional a la profundidad y complejidad de la división del trabajo y, por lo tanto, al grado de cooperación.

¿Por qué algunos países son más ricos? ¿Por qué hay países que pueden aprovechar mejor la cooperación en el mercado? ¿Por qué el mercado, como forma de organización social, funciona mejor en unos países que en otros?

Observamos que algunos países “ricos”, como Canadá, Dinamarca, Japón y Suiza, cuentan con una gran cantidad de infraestructura y sus habitantes reciben una educación sólida. Además, son capaces de organizarse mejor para aprovechar esas ventajas. ¿Por qué? La respuesta es que los incentivos que tienen y los motivan a tomar decisiones son “mejores” que los que tienen las personas en países que no son “ricos”. Esos incentivos son el resultado de las instituciones con las que cuentan. El primer acto de esta historia concluye con dos preguntas: ¿qué son las instituciones y cómo deben ser.

2 Segundo acto

2.1 Instituciones

Las instituciones pueden entenderse como reglas (las cuales pueden ser formales, como las leyes, o informales, como las tradiciones) que motivan a las personas a actuar de cierta forma cuando reciben incentivos.⁷ Las instituciones son el marco, la escenografía en la que ocurre nuestra historia.

Los incentivos son costos o beneficios que las personas reciben por tomar decisiones. Las buenas instituciones proveen de muchos incentivos a la cooperación explícita (como en las empresas) y a la implícita (como en el mercado). Los economistas han identificado algunas instituciones que existen en todos los países ricos y que consideran necesarias para aspirar a la producción de riqueza.

Entre estas instituciones está la protección legal a la seguridad de cada persona y de su propiedad, un sistema legal que trate a todos los ciudadanos por igual, la calidad y honestidad de los gobiernos y la protección a la competencia en el mercado. Es decir, que los gobiernos no otorguen o defiendan privilegios especiales para ninguna persona o personas en el mercado.

¿Por qué algunos países tienen mejores instituciones que otros? Esto es lo que quieren responder algunos economistas que estudian las institu-

⁷ Esta sección está inspirada en la explicación sobre el crecimiento económico que se ofrece en el video de Marginal Revolution University que puede verse en <https://youtu.be/u5P8AZRBLac>

ciones, como Douglass North.⁸ No existe una respuesta universalmente aceptada. Hay una combinación de factores, desde la trayectoria histórica de los países hasta su geografía y su cultura. Si las instituciones son la escenografía, entonces la historia, la geografía y la cultura son lo que hay tras bambalinas.

Hasta este momento hemos visto que los economistas estudian la cooperación, su funcionamiento a gran escala, sus consecuencias y, finalmente, las instituciones que permiten que ocurra. Lo que podemos decir en este punto es que este conocimiento permite a los economistas diseñar, proponer y poner en práctica nuevas y mejores instituciones que nutren y alientan la cooperación, esto es, podemos diseñar mejores escenarios para nuestra historia. Aquí termina el segundo acto y notamos que hemos dejado de lado lo más importante! En nuestra historia faltan los protagonistas, los actores: las personas que cooperan.

3 Tercer acto

3.1 Desarrollo humano

Hasta aquí hemos contado la historia de la cooperación en general. Ahora sigue tomar en cuenta a los actores de la historia. Partiremos de que cada actor, cada persona, es igual de importante que todas las demás y que es un fin en sí misma. Esto es algo nuevo. Hasta este momento habíamos descrito lo que ocurre en el escenario. Ahora diremos algo sobre lo que creemos que *debe* ocurrir.

Immanuel Kant, el filósofo alemán del siglo XIX, ya había postulado que todas las personas son iguales en dignidad y como tal deben ser tratadas, como fines en sí mismas. Sin embargo, sabemos que en el mundo que vivimos no ocurre así.

Parece que nos hemos desviado de nuestra historia, pero no es así. Dos pensadores contemporáneos, Martha Nussbaum y Amartya Sen, han propuesto que las instituciones no solo nutran la cooperación, sino que lo hagan de tal forma que todas las personas tengan la posibilidad de llevar a cabo sus propios proyectos de vida. Esto es, que todos los actores puedan aprovechar las ganancias de la cooperación de tal forma que les permita vivir las vidas que quieren vivir e interpretar los papeles que quieren interpretar.

Esto también es parte de la historia que cuenta la economía. Los bienes materiales no son importantes en sí mismos, sino solo debido a lo que las

⁸ Recomendamos la lectura del artículo *Institutions*, del propio de North.

personas pueden hacer con ellos. Los bienes son importantes en cuanto permiten que las personas lleven a cabo los proyectos de vida que consideran valiosos. Lo importante no es la riqueza material en sí misma, sino lo que hacemos con ella.

En la práctica existen grandes dificultades para que cada persona pueda llevar a cabo sus proyectos de vida, pues hay desigualdades materiales y sociales que lo impiden. La discriminación en todas sus formas, ante la ley, en salud y educación, por mencionar solo algunas, impide a las personas cooperar con los demás y disfrutar las ventajas materiales de la cooperación que enriquecen sus vidas. No hace falta poner ejemplos, estas y otras desigualdades son la constante en nuestro entorno.

Sen se formuló una pregunta crucial: dado que hay tantas desigualdades, de ingreso, riqueza, salud, educación, goce de derechos, etcétera, ¿cuál o cuáles son las desigualdades más importantes? La respuesta de Sen es que las personas deben ser iguales en capacidades. Las capacidades de una persona son las libertades reales con que cuenta una persona para llevar a cabo los proyectos de vida que considera valiosos. Lo importante es contar con esa libertad, lo demás lo decide cada quien. En nuestra historia, cada actor sería libre de elegir e interpretar cualquier papel.

El nivel de desarrollo humano de un país es proporcional a las libertades con las que cuentan sus habitantes. Para Sen, el incremento de esas libertades es el desarrollo. El desarrollo humano es una riqueza de orden superior, no consiste en los medios materiales con los que cuenta un país sino en como esos medios se usan para hacer más libres a sus habitantes. El desarrollo humano es la razón de ser de la economía.

3.2 Despedida

Antes de terminar esta historia hacemos una invitación al lector. La libertad es un tema recurrente en los trabajos de los grandes economistas, aún cuando la han entendido de diferentes maneras. En esta historia vimos que los intereses dispares de las personas pueden alcanzarse a través del intercambio en los mercados, que al buscar nuestro propio interés podemos contribuir al de los demás. La invitación a considerar es que, así como la búsqueda del interés propio no está peleada con la búsqueda de los demás, el ejercicio de la libertad de uno no está peleado con el mismo ejercicio de la libertad de otros. Que nuestra libertad no es solo compatible con la de los otros, sino que la hace posible. ¿Será esto cierto? ¿En qué casos? ¿Acaso no vale la pena averiguarlo?

Hemos llegado al final de nuestra historia. ¿Qué hemos aprendido? La naturaleza doble de la economía: por un lado, estudia las sociedades e instituciones que alientan la cooperación y el incremento de la riqueza material; por otro, busca poner en práctica instituciones que permitan incluir a todas las personas en las ganancias de la cooperación, y que estas ganancias se traduzcan en vidas más libres. El mercado no resuelve todo.⁹

Sin embargo hay que recalcar una advertencia en las palabras de Hayek: “La curiosa tarea de la ciencia económica es demostrar a los hombres lo poco que realmente saben de lo que imaginan que pueden diseñar”. Nuestro conocimiento es y será siempre limitado y las propuestas de los economistas, que también son limitadas, tienen consecuencias reales en las vidas de las personas.

4 ¿Quieres saber más?

4.1 Lecturas recomendadas

4.1.1 Introducción a la economía

Este ensayo presenta una visión de la economía de entre muchas otras. Los textos que se recomiendan en esta sección y en la siguiente presentan estas ideas de forma más completa y también otras perspectivas valiosas para los estudios económicos.

Allen, R. C. (2011). *Global Economic History: A Very Short Introduction*, (282). Oxford University Press.

Dasgupta, P. (2009). *Economía: una breve introducción*. Alianza Editorial.

Hazlitt, H. (2008). *Economía en una lección*. Madrid, Ciudadela.

Mitchell, M. D., y Boettke, P. J. (2017). *Applied Mainline Economics: Bridging the Gap Between Theory and Public Policy*. Mercatus Center at

⁹ Es importante notar que el sistema económico así entendido tiende a la armonía y la conciliación de intereses. Existen otras posturas económicas que cuentan con argumentos persuasivos que sugieren lo contrario, que los sistemas económicos y sociales son esencialmente contradictorios y tendientes al conflicto y la desarmonía. No cabe duda de que ambos extremos, conflicto y cooperación, están presentes en todo sistema económico. La pregunta fundamental es cuál es la característica dominante: conflicto o cooperación. Considero que la cooperación.

George Mason University. Disponible en
<https://ppe.mercatus.org/publications/applied-mainline-economics>.

4.1.2 Historia de la economía

Heilbroner, R. L. (2011). *The Worldly Philosophers: The Lives, Times and Ideas of the Great Economic Thinkers*. Simon and Schuster.

Heilbroner, R. L. (1997). *Teachings from the Worldly Philosophy*. WW Norton & Company.

Nasar, S. (2014). *La gran búsqueda: la historia de los genios económicos que cambiaron el mundo*. Random House.

Smith, A. (1997). *Estudio sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. FCE.

Smith, A. (2004). *Teoría de los sentimientos morales*. FCE.

4.1.3 Orden espontáneo, empresas, innovación

Aquí hay algunos textos clásicos sobre la teoría de la empresa y el mercado y el texto de McCloskey sobre la ética de una sociedad comercial

Coase, R. H. (1937). "The Nature of the Firm". *Economica*, 4(16), 386-405.

Hayek, F. A. (1945). "The Use of Knowledge in Society". *The American Economic Review*, 35(4), 519-530.

Kirzner, I. M. (2015). *Competition and Entrepreneurship*. University of Chicago Press.

McCloskey, D. N. (2010). *The Bourgeois Virtues: Ethics for an Age of Commerce*. University of Chicago Press.

McCloskey, D. N. (2015). *Las virtudes burguesas: ética para la era del comercio*. FCE.

4.1.4 Instituciones

Este es un texto introductorio a la economía institucional. Douglass North obtuvo el premio Nobel por sus trabajos en el tema.

North, D. C. (1991). "Institutions". *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 97-112.

4.1.5 Desarrollo humano

Sen obtuvo el premio Nobel en parte por su trabajo en el tema del desarrollo humano. Parte de ese trabajo fue en colaboración con Martha Nussbaum. El libro de Nussbaum es un ejemplo de lo que ahora se conoce como enfoque de capacidades en el desarrollo humano de forma aplicada. Para los interesados en el tema de la pobreza y la desigualdad estos textos son un buen punto de partida.

Margalit, A. (2000). "La ley de Rogini". *Letras Libres*, (23), 24.

Nussbaum, M.C. y A.K. Sen. (1998). *La calidad de vida*. FCE.

Nussbaum, M. C. (2012). *Las mujeres y el desarrollo humano*. Herder.

Sen, Amartya (1979). "Equality of What?", *The Tanner Lectures on Human Values*, 1.

Sen, Amartya (1999). *Desarrollo y libertad*. Planeta.

4.1.6 Filosofía, ética y economía

Aunque apenas se menciona en el ensayo, la filosofía, la ética y la economía tiene una relación estrecha y fructífera. Estos textos abarcan diferentes puntos de vista y enfoques enriquecedores.

Anomaly, J., G. Brennan, M.C. Munger y G. Sayre-McCord [editores] (2016). *Philosophy, Politics, and Economics: An Anthology*, Oxford University Press.

- Bruni, L., y Sugden, R. (2013). “Reclaiming Virtue Ethics for Economics.” *Journal of Economic Perspectives*, 27(4), 141-64.
- Buchanan, J. M. (1964). “What Should Economists Do?” *Southern Economic Journal*, 213-222.
- Hausmann, D. M. (editor) (2008). *The Philosophy of Economics: An Anthology*. Third Edition. Cambridge University Press.
- Mill, J.S. (1993). *Sobre la libertad*. Alianza Editorial.
- Nelson, J. A. (2018). *Economics for Humans*. University of Chicago Press.
- Rawls, J. (1995). *Liberalismo político*. UNAM.
- Rawls, J. (2005). *Political Liberalism*. Expanded edition. Columbia University Press.
- White, M. (2011). *Kantian Ethics and Economics: Autonomy, Dignity, and Character*. Stanford University Press.

4.2 Recursos en línea

Los recursos en línea para economistas son abundantes. Estos son solo algunas fuentes de información accesibles, cursos básicos en línea y bibliotecas en las que puedes encontrar textos clásicos.

Atlas of Economic Complexity

<http://atlas.cid.harvard.edu>

Gapminder (datos globales fácilmente accesibles)

<https://www.gapminder.org>

Historical Development Research at Groningen

<https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment>

Human Progress (datos globales sobre mejoras en la calidad de vida)
<https://www.humanprogress.org>

The Library of Economics and Liberty
<https://www.econlib.org>

Marginal Revolution University (cursos básicos de economía en video)
<https://mru.org>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<https://www.undp.org/content/undp/es/home.html>

Teoría de juegos

Alejandro T. Moreno Okuno
Lari A. Viianto
Antonio Carrillo Viramontes

1 Introducción

La teoría de juegos es, en esencia y en origen, una formulación matemática, una serie de modelos (o modelaciones) que permite representar un problema complejo de manera simplificada para obtener posibles soluciones al mismo.

Los primeros y principales artífices de la teoría de juegos han sido matemáticos, como John Von Neumann, quien junto con el economista Oskar Morgenstern inauguró el campo con el libro *La teoría de juegos y del comportamiento económico* (Von Neumann y Morgenstern, 1944). O como John Nash, con su solución para juegos con un número indefinido de personas (Nash, 1950).

Como toda formulación matemática, originalmente la teoría de juegos se expresó en un lenguaje que puede llegar a ser complejo, con un nivel de formalidad profundo y posiblemente difícil de entender y manejar para alguien que no es docto en la materia. Si bien, dicha formalidad es absolutamente necesaria para establecer de manera rigurosa y válida el campo, su aplicación puede resultar, en la mayoría de los casos, relativamente simple e intuitiva, lo cual ha sido una de las grandes ventajas de la teoría de juegos y ha permitido su aplicabilidad con un gran éxito en diversos campos de estudio.

En este capítulo se pretende dotar al lector de unas nociones básicas e intuitivas sobre la teoría de juegos como campo de estudio, así como su aplicación a diversos problemas económicos. Recordamos al lector que en realidad se trata de un campo mucho más amplio, con muchas más aplicaciones y con un nivel de complejidad muy superior al aquí presentado, el cual es solo una introducción intuitiva. Para una comprensión más profunda se recomienda la lectura de libros de iniciación como los

escritos por Robert Gibbons (1992), Fernando Vega Redondo (2000) y Ken Binmore (2007), aunque es verdad estos libros carecen de una introducción clara y exacta de la teoría de juegos, además de una herramienta matemática, una explicación de para cuáles contextos es útil este tipo de modelación y cómo se vincula con la economía.

Entonces nuestro primer objetivo es intentar explicar, de manera llana, qué pretende ser la teoría de juegos, cosa que no resulta del todo sencilla. La teoría de juegos es útil para modelizar y solucionar aquellas situaciones en las que claramente existen interdependencias entre las decisiones de diversos actores (personas, agentes económicos, jugadores, etcétera), de forma que podemos decir que estos actores, a través de sus acciones (o ausencia de ellas) interactúan entre sí de manera relevante. El posible resultado de estas interacciones debe depender del conjunto de acciones tomadas por todos los actores. Esta interdependencia es lo que normalmente conocemos como complementariedad estratégica.

Cada uno de los actores que intervienen en la situación que nos interesa, el juego, dispone de una variedad de acciones (además de, quizá, la inacción, que sería otro tipo de acción) que se denominan *estrategias*. Cada actor escoge una acción/estrategia (o un conjunto de ellas, si debe decidir más de una vez, o incluso una distribución aleatoria sobre un subconjunto de las acciones disponibles) que definirá su comportamiento durante el juego. El resultado final del juego debe depender de las acciones/estrategias elegidas por todos los actores. Si por alguna razón el resultado final no depende de la acción de alguno de los jugadores, entonces ese “jugador” en realidad no forma parte del juego, ya que su decisión es irrelevante para el resultado final, y por lo tanto no existe la complementariedad estratégica necesaria entre su acción y las acciones de los demás jugadores.

Si el resultado final es individual y está determinado únicamente por las acciones propias del individuo, de forma que no hay interacción con las decisiones de otros individuos, entonces no es un entorno donde aplique la teoría de juegos.

Para entender mejor este planteamiento veamos el siguiente ejemplo: imagine que usted debe hacer un examen universitario y que su calificación depende únicamente de su propia capacidad para responder las preguntas, lo cual, a su vez, dependerá de la preparación previa para el examen, su esfuerzo y dedicación. En este caso no existe ninguna complementariedad estratégica y las acciones de sus compañeros de clase no influyen de manera decisiva sobre su calificación. Es una situación que no requiere de un planteamiento basado en la teoría de juegos.

En contraste, en los programas de algunas universidades las notas se otorgan siguiendo una curva de Gauss, de forma que la calificación final del examen depende del conjunto de resultados de los otros exámenes. Como ejemplo, mostramos la curva utilizada por el Master en Administración de Empresas (MBA) de la Cámara de Comercio de Valencia.¹

- Excelente – 5 % más alto de la clase
- Muy bueno – 15 % siguiente de la clase
- Bueno – 25 % siguiente de la clase
- Suficiente – 35 % siguiente de la clase
- Insuficiente – 15 % siguiente de la clase
- Deficiente – 5 % último de la clase

Esto implica que en una clase de 20 alumnos habrá un excelente, tres muy buenos, 5 buenos, 7 suficientes, 3 insuficientes y 1 deficiente. Da igual qué tan buenos sean los alumnos, da igual qué tan bien hicieron el examen, cuatro van a reprobado y solo uno tendrá un excelente.

Con este esquema, y volviendo al ejemplo inicial, ahora su calificación no solo depende de lo bien que haga el examen de manera objetiva, sino también de qué tan bien hagan su examen los otros alumnos. En este caso sí existe una complementariedad estratégica. Si alguien se prepara menos para su examen, usted puede mejorar su nota, o si ellos se preparan mejor, eso puede hacer disminuir la calificación de usted.

Esto ocasiona que los estudiantes se comporten de manera diferente y que esto impacte en su nivel de dedicación, en la cantidad de horas que estudian, e incluso en las relaciones personales entre ellos, ya que están compitiendo por la mejor calificación. Este cambio se debe a que el resultado de la interacción (la calificación final) ahora sí depende de las acciones de los demás y no solo de sus propias acciones. Obviamente, este sistema promueve incentivos diferentes a los de un sistema de calificación más tradicional, y en muchos casos las universidades utilizan una calificación por curva de Gauss para generar estos incentivos particulares.

Otra aplicación de la teoría de juegos que algunos profesores han utilizado como un experimento natural en su práctica docente, también

¹ Véase <https://www.master-valencia.com/master-mba/metodo-de-campana-de-gauss-en-master-mba> Consultado el 26 de julio de 2019.

relacionada con las calificaciones, se muestra en el siguiente ejemplo:² se concede un punto extra (o más de uno) a los alumnos que lo soliciten, siempre y cuando el número de solicitantes no exceda cierto límite, un 10 %, por ejemplo. En caso de que se exceda el límite, ningún alumno recibirá los puntos extra. Para cada estudiante, conseguir los puntos extra depende de la acción que realice el resto de sus compañeros (solicitar o no solicitar el punto extra). De manera individual, todos querrían tener el punto extra, pero si todos lo piden nadie lo tiene. ¿Cómo solucionar este problema?³

La teoría de juegos permite realizar modelos que son útiles para el estudio de este tipo de situaciones y que difícilmente pueden ser abordados con otras herramientas matemáticas. En economía se pueden plantear muchas situaciones en las que esta complementariedad es clara y resulta interesante su análisis utilizando la teoría de juegos. Pero empecemos por donde esta complementariedad no existe ni se requiere del uso de la teoría de juegos.

En la microeconomía tradicional se suele abordar la teoría de la decisión del individuo considerándolo de manera aislada. El individuo se enfrenta a un problema de decisión con un marco fijado, y dadas las restricciones a las que se enfrenta (restricción presupuestaria, en la mayor parte de los casos) se define el set de posibles decisiones (espacio presupuestal). Dentro de este conjunto el individuo decide cuál de las posibles decisiones es óptima para él (consumo óptimo).

Esta es una situación muy real en la mayor parte de los casos: tenemos una cantidad de dinero disponible (ingreso) y observamos una serie de precios en el mercado (vector de precios). La combinación de ingreso y precios fija las posibles cestas de consumo (qué se puede comprar con el dinero disponible). Tomamos una decisión de consumo (compramos lo que queremos y podemos pagar), cuyo beneficiario somos nosotros mismos, generándose un determinado nivel de satisfacción personal derivado de ese consumo.

Si vamos a comprar, nuestra decisión no altera los precios y tampoco altera la capacidad de compra de otros. De la misma forma, lo que otros compren tampoco altera nuestras propias capacidades de compra ni los

² Véase <https://www.washingtonpost.com/posteverything/wp/2015/07/20/why-i-give-my-students-a-tragedy-of-the-commons-extra-credit-challenge> Consultado el 29 de julio de 2019.

³ En este ejemplo es importante saber si los jugadores pueden comunicarse y conocer las acciones de los otros, ya que dependiendo de estas variables se presentan soluciones diferentes.

precios que vamos a pagar. Esto, en general, forma parte de los axiomas básicos que se exigen en los mercados perfectos, que los consumidores (y las empresas) sean *precio-aceptantes* (pagan el precio establecido en el mercado y ninguna de las decisiones individuales de los jugadores puede alterar este equilibrio).

Cuando tanto consumidores como productores son precio-aceptantes, ninguno de ellos puede alterar los resultados finales de los demás. De esta forma, las decisiones son independientes entre sí y generan de manera agregada funciones de oferta y demanda, también independientes de una única decisión individual, pues dependen de todo el conjunto de ellas. Cada elemento es tan pequeño con respecto al total, que no tiene un efecto relevante sobre el resultado final. Cuando un mercado funciona de esta manera perfecta no se requiere su modelación con el uso de la teoría de juegos, aunque sí puede hacerse, pero sería como aplicar la física de partículas y la teoría de la relatividad para explicar el movimiento parabólico de una pelota lanzada al aire. Una modelación matemática más simple es suficiente para solucionar el problema.

Ahora, imaginemos que queremos comprar un determinado bien que resulta ser único (un cuadro de Van Gogh, por ejemplo), que algunas pocas personas que desean comprar ese bien y que hay un solo vendedor (como tenemos un único cuadro, solo una persona puede venderlo). ¿Cuánto vale este bien? ¿Quién lo va a comprar? ¿Qué precio pagará?

En este caso no existe un precio de mercado. Si fijáramos un precio, probablemente más de una persona querría comprar el cuadro, pero no es posible vendérselo más que a una sola persona. Esto es, si una persona lo compra, otra no podrá comprarlo por el mismo precio, por lo que la acción de la primera afectó la capacidad (bienestar) de la otra. En esta situación existe claramente una interdependencia entre las acciones que toman los jugadores respecto de como se decidirá quién se queda el cuadro y cuanto deberá pagar por él.

El proceso habitual para determinar esto es un juego que conocemos como subasta (Milgrom y Weber, 1987). Seguramente el lector conoce de sobra el concepto genérico de subasta, pero posiblemente desconoce el hecho de que existen diversos tipos de subastas, como abiertas y cerradas, de primer precio y de segundo precio, por mencionar algunas de las variantes. En realidad se trata de mecanismos de revelación de precio que tiene por objeto maximizar el beneficio para el vendedor, en nuestro ejemplo, el vendedor del cuadro, si bien, existen las colusiones estratégicas entre jugadores (*bidding ring*) para alterar los precios de venta a la baja, para beneficio de los licitadores. En este caso existe poder de mer-

cado por ambos lados: monopolio por el lado del vendedor y oligopolio por el lado de los compradores.

En general, cuando hay poder de mercado (monopolio, oligopolio, onopsonio, etcétera) existe una situación de complementariedad estratégica entre las acciones de los jugadores (al menos por un lado) que requieren de una modelación más compleja que la que se aplica en los mercados perfectos. Pensemos en un caso extremo: existe un solo vendedor y un solo comprador; el vendedor quiere vender por encima de un determinado precio y el comprador quiere comprar por debajo de un determinado precio (siendo el primero más pequeño que el segundo). Ambos son monopolistas por su lado, pero existe un espacio claro para determinar un intercambio beneficioso para ambos: un precio intermedio entre los dos precios anteriores. Pero ¿cuál puede ser ese precio de intercambio?

Normalmente surge un proceso de negociación complejo para determinar este precio, un proceso que interesa a ambos jugadores. Los dos quieren que la venta se realice, pero cada lado quiere que el precio esté lo más lejos posible de su precio límite (cuanto más alto sea posible, para el vendedor; cuanto más bajo sea posible, para el comprador) (Nash, 1953; Rubinstein, 1982). La interacción entre estos jugadores es altamente estratégica. El vendedor pretenderá que no quiere vender y el comprador pretenderá que no quiere comprar, cada cual buscando mover el precio hacia su propio beneficio.

Estos procesos de negociación, y la forma de establecer el poder de negociación de cada parte, se pueden modelar desde la teoría de juegos cuando resulta imposible hacerlo con curvas de oferta y demanda que, por otra parte, no existen de manera clara en este entorno concreto. Esto es muy aplicable en el deporte profesional, por ejemplo, en los mercados de jugadores, donde los clubes negocian el precio de traspase del *crack* en turno, normalmente dos a dos, si bien hay casos más complejos. Incluso en algunos casos es más complejo porque el bien negociado (el jugador) puede tomar acciones para subir o bajar su propio precio. Estos casos, que pueden llegar a ser habituales en determinados ámbitos y situaciones, tienen una gran importancia económica y la teoría de juegos aporta una opción para su modelación, análisis y solución. Para determinar el juego necesitaremos de la siguiente información:

- Número de jugadores.
- Las estrategias de las que dispone cada jugador (cada uno puede tener conjuntos diferentes).

- El conjunto de resultados posibles de acuerdo con cada posible combinación de estrategias.
- El valor (monetario, utilidad u otro) que genera cada posible resultado para cada jugador.
- Una descripción de la posible dinámica del juego y del tipo de información disponible para cada jugador en cada momento del juego.

Supongamos que tenemos n jugadores. Cada jugador i tiene un grupo de estrategias disponibles denominado S_i , por lo tanto, existen $\prod_{i=1}^n S_i$ posibles combinaciones de estrategias diferentes.

Por ejemplo, si tenemos tres jugadores y el primero dispone de las estrategias (A,B,C), el segundo de las estrategias (1,2) y el tercero de las estrategias (a, b, c, d), existen $3 \times 2 \times 4 = 24$ combinaciones posibles de estrategias: (A,1,a), (A,1,b), (A,1,c), (A,1,d), (A,2,a), (A,2,b)...

Estas estrategias disponen un espacio S^n (que podemos entender que tiene n dimensiones, de la misma manera que en el ejemplo anterior cada combinación tiene tres componentes, donde cada componente expresa una dimensión).

Pongamos un caso más simple con un juego de dos jugadores que se puede representar de manera más fácil. Para detener un tiro de penalti, el primer jugador (el portero) puede optar por lanzarse a la izquierda (I), a la derecha (D) o quedarse en el centro (C). El segundo jugador (el delantero) que va a lanzar el penalti puede, a su vez, lanzarlo a la izquierda (IZ), a la derecha (DE) o al centro (CE). Existen nueve combinaciones posibles que, para este caso, podemos expresar en el cuadro/matriz.

Cuadro 1:

1,2	IZ	DE	CE
I			
D			
C			

Ya tenemos una manera un poco más simple de visualizar el juego que muestra el concepto del espacio de estrategias. Cada cuadro en blanco de la matriz es una de las 9 posibles combinaciones. Ahora se requiere definir los resultados de cada combinación. Por un principio de simplicidad, digamos que si coinciden la dirección del tiro con la dirección del portero, entonces el portero detendrá el penalti, y que si no coinciden el penalti terminará en gol. Entonces las combinaciones (I,IZ), (D,DE), (C,CE)

tendrán como resultado que el penalti será detenido y el resto de las combinaciones terminarán en un gol.

Para continuar, ahora necesitamos un valor para estos resultados ¿Qué valor tiene para el delantero marcar un gol? ¿Y fallar un penalti? ¿Cuánto vale para un portero detener el tiro? Este caso es sencillo porque solo hay dos posibles resultados: se falla o se marca. Si el delantero marca es un buen resultado para él y es malo para el portero. Si falla, es un mal resultado para él y bueno para el portero. Tomemos como referencia un valor bajo para el mal resultado, por simplicidad, el cero. Si el delantero no marca el gol ganará 0, mientras que si el portero no detiene el penalti ganará 0. ¿Y el valor para el mejor resultado? Al jugador que lo obtenga podríamos darle, por ejemplo, un 1, y funcionaría bien, pero ¿sería representativo? En realidad, lo que se espera en un tiro de penalti es que el delantero anote y se percibe menos probable que el portero lo detenga, de tal cuenta que detener un penalti parece tener más relevancia que marcarlo. Entonces, asignaremos un número 1 al delantero si marca el penalti y un número 5 al portero si detiene el disparo. Colocamos estos “pagos” (el valor de los posibles resultados del juego) en nuestro espacio de estrategias, como vectores con valores separados por comas, siempre empezando por el jugador 1 (el portero). El resumen de los pagos se observan en el cuadro/matriz 2.

Cuadro 2:

1,2	IZ	DE	CE
I	5,0	0,1	0,1
D	0,1	5,0	0,1
C	0,1	0,1	5,0

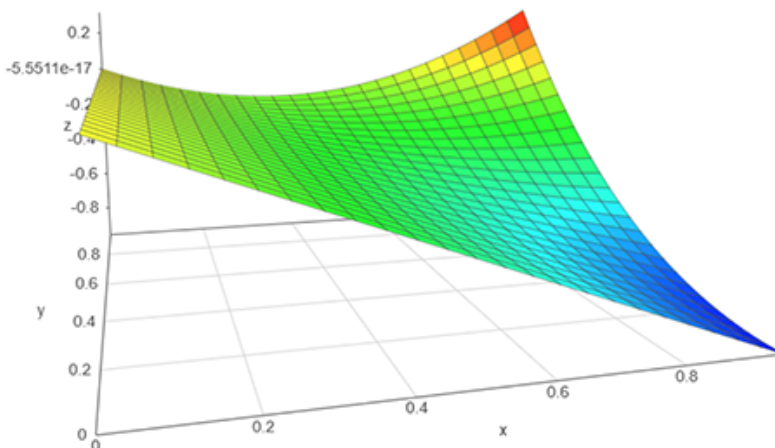
Y ahora tenemos que determinar la información y la dinámica del juego. En este caso las decisiones de los jugadores son simultáneas; cada uno planea su acción, pero todos la ejecutan prácticamente al unísono. Piense en lo que ocurriría si no fuera así: si el delantero actuara primero y su decisión fuera observada por el portero, este siempre detendría el penalti lanzándose hacia el lado al que disparó el delantero; por su parte, si el portero se lanzara antes del disparo, el delantero solo tendría que hacer su tiro hacia el lado contrario para anotar el gol. Por último, señalemos que la forma de matriz es idónea para los juegos simultáneos.

Con esto ya tenemos una expresión simplificada que nos permite empezar a desarrollar una solución del juego. Los pagos (el valor de los

jugadores para cada posible resultado) son en realidad una función que proyecta desde S^n a \mathbb{R}^n (vector real con dimensión n).

Imaginemos que las estrategias fueran un continuo. Hay dos jugadores que pueden esforzarse para obtener entre nada (0) y el 100 % (1), por lo que aplican un nivel de esfuerzo dentro de un continuo. Llamemos x al esfuerzo del primer jugador, que puede estar entre 0 y 1, o incluso ambos, y al esfuerzo del segundo jugador lo vamos a denominar y : ($x \in [0, 1]$, $y \in [0, 1]$). El esfuerzo conjunto generará un resultado cuyo valor para cada jugador estará expresado por una función $f(x,y)$, definida sobre un cuadro de espacio de lados 1×1 . Supongamos que la función de pago se define como resultado del esfuerzo conjunto, por ejemplo $3(xy)^2$, el cual tiene que ser dividido entre los dos, quedando $(3(xy)^2)/2$, y al que hay que restar el esfuerzo realizado, por lo que el pago del jugador 1, quien realiza el esfuerzo x , sería $f_1(x, y) = (3(xy)^2)/2 - x$, mientras que el pago del jugador 2, quien realiza el esfuerzo y , sería $f_2(x, y) = (3(xy)^2)/2 - y$, siendo x y y valores entre el 0 y el 1. Gráficamente esta función de pagos queda así:

Figura 1



Aún no solucionamos el juego, pero es fácil ver que para el jugador 1 no vale la pena esforzarse si el jugador 2 no piensa hacerlo, y viceversa; mientras que si el jugador 2 se esfuerza, para el jugador 1 también es conveniente esforzarse, y viceversa.

2 Los modelos económicos y la teoría de juegos

2.1 Ejemplo del mercado de petróleo

Veamos el mercado de petróleo. Hay muchos países productores de petróleo, algunos cuyos gobiernos tienen el monopolio de extracción, como México o Arabia Saudita, y otros que permiten que cualquier individuo o empresa lo extraiga libremente, como en Estados Unidos. El costo de extracción del petróleo varía de un país a otro debido a muchos motivos, como la profundidad y la presión de los yacimientos.

El petróleo es fácil de transportarse, generalmente en barcos. Hay dos tipos de petróleo: el ligero y el pesado. El petróleo pesado necesita más procesos para refinarse que el petróleo ligero, por lo que generalmente es más barato. Fuera de eso, el petróleo de un país es, en términos prácticos, igual al petróleo de otros países. El mercado de petróleo tiene muchas otras características que nos tardaríamos mucho en describir.

Hay muchas preguntas que son de interés para un hacedor de políticas sobre el mercado de petróleo. Por ejemplo, ¿el precio del petróleo depende del número de empresas o del número de países que producen petróleo? ¿Las empresas o países se podrían coludir para subir el precio del petróleo? Si es así, ¿qué es lo que facilita esta colusión? La complejidad del mercado de petróleo nos dificulta poder contestar estas preguntas, sin embargo, algunos modelos matemáticos nos pueden ayudar.

2.2 ¿Qué es un modelo?

Cuando nosotros nos hacemos una pregunta nos enfocamos en las características más importantes para contestarla e ignoramos aquellas que pensamos que no o son. Lo mismo pasa con un modelo. Un modelo es una simplificación de la realidad en el cual ignoramos aquellas características que no son esenciales para las preguntas que nos interesa responder y nos enfocamos en las que sí consideramos esenciales. El objetivo de un modelo es que sea más fácil de entender que la realidad que está representando y que su simplicidad nos facilite encontrar respuestas.

Nos encontramos con una dualidad. Por un lado tenemos los modelos matemáticos y por otro tenemos la realidad que representan estos modelos. El objetivo de la teoría de juegos es darnos una solución razonable,

no solo para los modelos matemáticos que estamos usando, sino sobre todo para la realidad que estos modelos representan.

En economía el uso de la palabra “modelo” es muy común. La teoría económica es desarrollada y presentada a través de representaciones matemáticas (es decir, modelos), cuyo objetivo es analizar y entender de manera simple algún fenómeno social. Sin embargo, mucha de la crítica a la teoría económica se debe precisamente a su “simplicidad” o, en otras palabras, a su nivel de abstracción. No obstante, de acuerdo con Rodrik (2015), es precisamente su simplicidad y formalismo lo que hace invaluable a la teoría económica, pues le permite enfocarse en un solo aspecto de la compleja realidad existente.

La teoría de juegos, como se mencionó anteriormente, es una representación matemática cuyo único objetivo es presentar y analizar de manera simple una interacción interdependiente entre dos o más agentes económicos (individuos, países, etcétera). Su importancia y aportación, al igual que el resto de la teoría económica, está en su simplicidad, y en el caso de la teoría de juegos, en su poder de predicción sobre el resultado de estas interacciones entre agentes económicos.

Quizás en este punto sea bueno preguntarse: ¿cómo es que se decide qué aspectos de la realidad se dejan fuera de un modelo? Matemáticamente ¿cómo es que el economista se enfoca solamente en los aspectos relevantes de un problema o fenómeno social? Para responder estas preguntas es importante entender el uso de los supuestos, tanto en la teoría económica como en la teoría de juegos. Empezaremos por definir un supuesto. Un supuesto es una suposición o hipótesis para iniciar un estudio o investigación. En otras palabras, los supuestos nos permiten construir teorías.

Aproximadamente en 1890 el economista Alfred Marshall fue uno de los primeros en introducir el tiempo al análisis económico, y lo hizo mediante el uso de supuestos. Alfred Marshall, en su obra clásica *Principios del análisis económico* trató de analizar un equilibrio “parcial”, es decir, considerando solamente una variable económica, y suponiendo que el resto de las variables se mantenía constante. De esta manera se originó el concepto *ceteris paribus*.⁴ El *ceteris paribus* entonces permite enfocarse en un problema a la vez. Esta locución latina que significa “todo lo demás permanece constante” es una herramienta teórica importante que permite enfocarse en un aspecto económico a la vez.

⁴ En el artículo de John Persky en el *Journal of Economic Perspectives* (4: 2, pp. 187-193) se ofrece a mayor detalle la historia del término *ceteris paribus*.

2.3 Racionalidad

La teoría de juegos no está exenta de supuestos. Los principales supuestos son los siguientes: la racionalidad (maximización de utilidad) y el conocimiento común. Vamos a analizar cada uno de ellos. La racionalidad es un concepto muy complejo que puede entenderse desde varias aristas.⁵ Empecemos a abordarlo de una manera general. De acuerdo con Hammond (2007) la racionalidad es uno de los conceptos más usados en economía. Sin embargo, el comportamiento de un individuo puede ir desde lo racional a lo irracional. De esta manera Hammond señala que, como consecuencia de esto, las decisiones, preferencias, creencias y expectativas que el individuo tiene pueden ser irracionales también.

Una de las teorías que forman parte del componente racional en la teoría de juegos es la teoría de la elección racional. La teoría de la elección racional es usualmente el marco teórico que permite modelar formalmente el comportamiento económico y social. En pocas palabras, esta teoría sugiere que el tomador de decisiones elegirá la mejor acción posible entre sus alternativas.

En este mismo sentido, Rubinstein (2012) menciona que la racionalidad económica del tomador de decisiones se refleja de manera clara cuando el agente tiene un “ranking” claro de las consecuencias de sus decisiones. Este ranking es comúnmente llamado “preferencias”, de tal manera que cuando el tomador de decisiones enfrenta un problema en el cual se debe elegir una cierta acción tendrá en claro cuáles serían el mejor y el peor resultado posibles y, por supuesto, escogería la alternativa que mejor le parezca de acuerdo con sus preferencias.

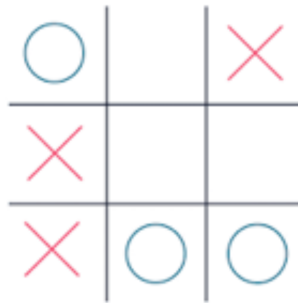
El supuesto de racionalidad está ligado de manera intrínseca con la maximización de la utilidad. De hecho, uno de los conceptos que precisamente unen la racionalidad y la maximización de utilidad de manera clara es el de *homo economicus*, concepto, surgido en la escuela neoclásica de pensamiento para explicar y entender el comportamiento social.

Dicho lo anterior, la teoría de juegos se basa en el principio de racionalidad y asume que los jugadores actuarán de tal manera que buscarán siempre el mejor resultado posible en el juego, es decir, buscarán maximizar su utilidad mediante la toma de estrategias o acciones que conlleven a ello.

⁵ Formalmente el economista entiende como preferencias racionales aquellas que satisfacen las propiedades de completitud, transitividad, monotonía y convexidad, es decir los axiomas de racionalidad.

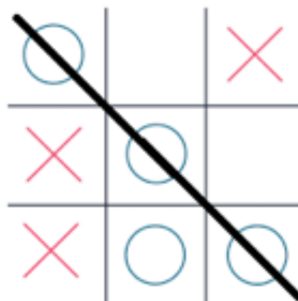
Considere el sencillo ejemplo siguiente: usted enfrenta a un oponente en el juego del gato o tres en línea. Imagine por un momento que se están jugando la comida del día, es decir, el perdedor deberá pagar la comida de ambos jugadores. Suponga que el juego está justo en la siguiente situación:

Figura 2: Juego del gato



Usted es el siguiente en el turno por lo cual debe colocar la figura del círculo en la casilla que desee. ¿En qué casilla pondrá usted el círculo? ¿Es consciente de que puede ganar el juego con un solo movimiento? Si se comporta de manera racional, como lo predice la teoría económica, entonces usted pondrá el círculo exactamente en la casilla del centro y ganará el juego, quedando como resultado final la figura 3.

Figura 3: Juego del gato, solución



En otras palabras, usted ha “rankeado” sus preferencias de manera racional, es decir, sabe que si hubiera elegido colocar el círculo en la segunda casilla (y columna) del primer renglón entonces hubiera perdido el juego, ya que su oponente (racional, al igual que usted) en el siguiente turno enfrentaría la misma situación y muy probablemente elegiría la casilla del centro para ganar y comer gratis el día de hoy.

2.4 Conocimiento común

Otro de los supuestos claves en la teoría de juegos es el conocimiento común. El conocimiento común establece que los jugadores involucrados conocen y saben todas las acciones y estrategias posibles del juego, sus reglas y sus consecuencias. En otras palabras, los jugadores conocen a detalle cada parte del juego y, sobre todo, los pagos o utilidades asociadas a cada una de las estrategias y, por ende, las consecuencias o resultados.

Recapitulando, la teoría económica, y en particular la teoría de juegos, utiliza supuestos que facilitan la comprensión y el análisis de fenómenos y problemas económicos y sociales. La teoría de juegos utiliza los supuestos de la racionalidad y del conocimiento común como base para analizar problemas que conllevan a una interdependencia mutua entre los jugadores.

2.5 Juegos de un periodo

Los juegos más comunes son los juegos de un periodo. Estos juegos son modelos matemáticos en los que se asume que los jugadores toman sus decisiones al mismo tiempo y sin observar lo que los otros jugadores decidieron. Este supuesto se hace para simplificar el análisis. Sin embargo, estos modelos están representando mercados, como el mercado del petróleo, donde las decisiones de inversión toman años en concretarse, por lo que es difícil pensar que los productores de petróleo no conocen las decisiones de los otros jugadores. En este caso, necesitamos una solución que, a pesar del supuesto simplificador de que los jugadores no observan las decisiones de los otros jugadores, nos dé una predicción razonable para la realidad que está representada con este modelo, en la que los jugadores sí observan las decisiones de los otros jugadores. A estas decisiones les vamos a llamar acciones o estrategias.⁶

⁶ Posteriormente veremos que en los juegos de varios periodos las estrategias y las acciones son diferentes, donde las estrategias son un conjunto de las acciones que un jugador querría tomar en cualquier situación.

2.5.1 Método de eliminación iterada de estrategias estrictamente dominadas

El método de eliminación iterada de estrategias estrictamente dominadas es el primer método que se usó para buscar una solución para los juegos de un periodo. En este método se supone que los jugadores razonan que los otros jugadores no van a jugar realizando ninguna acción que siempre sea la peor para ellos mismos. A estas acciones las conocemos como estrategias estrictamente dominadas. Al eliminar las acciones que son estrictamente dominadas para los jugadores, se encuentra un nuevo juego reducido en el que no están incluidas estas acciones. Puede ser que algunas estrategias que no estaban estrictamente dominadas para el juego original lo estén para el nuevo juego reducido. Luego, se busca si algún jugador tiene alguna estrategia estrictamente dominada, y si se encuentra, se elimina. Se vuelve a formar un nuevo juego más reducido sin estas estrategias y se continúa así hasta que ya no se pueda eliminar ninguna estrategia, en cuyo caso el juego que quede es la solución por el método de eliminación de estrategias estrictamente dominadas.

El método de eliminación de estrategias estrictamente dominadas es una buena solución para los juegos de un periodo debido a que no hace ningún supuesto sobre las creencias que los jugadores tienen sobre las estrategias de los otros jugadores, excepto que no van a jugar estrategias que siempre sean peores para ellos mismo. Sin embargo, no es una buena solución para la realidad que estos modelos están representando, donde los jugadores tienen bastante creencias y suposiciones sobre las acciones de los otros jugadores.

2.5.2 Equilibrio de Nash

Una de las características importantes de la teoría de juegos es su poder de predicción para muchas situaciones. El poder predictivo de la teoría de juegos se basa en las posibles soluciones del juego. Gracias a John Nash, la teoría de juegos alcanzó un importante desarrollo en los últimos años, y precisamente, gracias a su concepto de solución de Nash (o equilibrio de Nash) la teoría de juegos alcanzó un sin número de aplicaciones a problemas de interacción estratégica.

En palabras del propio Nash (1950), la noción de equilibrio es simplemente el par de mejores estrategias opuestas, es decir, cada jugador elegirá una estrategia, la mejor a su favor. Usualmente la mejor estrategia para un jugador es la peor estrategia para el otro, por lo tanto la solución o resultado de un juego es aquella que maximice las ganancias

de ambos jugadores, tomando en cuenta que el jugador opuesto intentará hacer lo mismo.

2.5.3 ¿Por qué el equilibrio de Nash?

Por mucho, el equilibrio de Nash es el concepto de solución más importante que se aplica a los modelos económicos. El equilibrio de Nash nos dice que un conjunto de acciones (una acción por jugador) es un equilibrio de Nash si la acción de cada jugador es la mejor respuesta a las acciones de los otros jugadores. El equilibrio de Nash se aplica a los juegos de un periodo. Sin embargo, en estos juegos los jugadores no pueden observar las acciones de los otros antes de tomar sus decisiones. Entonces, ¿cómo podemos justificar una solución que dice que la acción de cada jugador es la mejor respuesta a las acciones de los otros jugadores? En la realidad que está representada por los juegos de un periodo, los participantes sí pueden observar las acciones de los otros. Por lo tanto, el equilibrio de Nash es la solución más usada en economía no porque sea la mejor solución para los juegos de un periodo, sino porque nos da una solución muy razonable para la realidad representada por dichos modelos.

El equilibrio de Nash es tan importante en economía que para los juegos dinámicos y para los juegos con información incompleta se usan extensiones al equilibrio de Nash para este tipo de juegos.

Fotografía 1



El concepto de equilibrio muchas veces no se entiende bien. El equilibrio está relacionado con cambio o con la ausencia de cambio. Veamos la fotografía 1, ¿podemos decir que está en equilibrio? Hay dos cosas que pueden cambiar: la fotografía o la situación que está representada en ella. No nos interesa ver si la fotografía va a cambiar, sino si la realidad va a hacerlo. En específico, nos interesa saber si las fichas de dominó van a caer. Desde este punto de vista, las fotografías permanecerán siempre sin cambio, por lo que no tiene sentido aplicar este concepto de equilibrio a las fotografías. Es lo mismo al emplear el equilibrio de Nash con modelos de un periodo, cuyo resultado, por definición, no va a cambiar, ya que son de un solo periodo. Sin embargo, lo que nos interesa identificar es si va a cambiar o no la realidad representada por los modelos de un periodo. Al igual que la fotografías, los modelos de un periodo se usan por conveniencia (de la misma forma, así como es imposible poner un video dentro de un libro, es más difícil analizar modelos dinámicos).

Históricamente, antes de que Nash inventara su equilibrio no se tenía una idea clara de cuál era la solución más razonable para los modelos en los que interactuaban varios jugadores. Los creadores de los modelos lo resolvían de la manera que encontraban más conveniente para ellos, lo llevaba a soluciones ad hoc. Algunas veces usaban una solución que era equivalente al equilibrio de Nash, como lo hizo Cournot (1838), aunque la resolución era diferente para cada investigador. A partir de la invención del equilibrio de Nash todos los investigadores, con muy pocas excepciones, lo usan para solucionar sus modelos, también llamados aplicaciones del equilibrio de Nash.

2.5.4 Ejemplo: Dilema del prisionero

Veamos el siguiente ejemplo que probablemente le sea familiar: el dilema del prisionero. Considere dos ladrones que han sido capturados *in fraganti* por la policía en el robo de un banco, por lo cual les espera a cada uno dos años de cárcel por este delito. Los identificaremos como ladrón 1 (L1) y ladrón 2 (L2), respectivamente. El policía sospecha que ambos podrían estar involucrados en un robo anterior, por lo cual decide encerrarlos en celdas separadas y entrevistarlos de manera individual. Con esta acción, el policía evita la cooperación entre los jugadores, es decir, sin saberlo, el policía los coloca en una situación estratégica, en un *juego no cooperativo*.

Por separado, el policía le dice a cada uno de los ladrones que por el robo al banco recibirán 2 años de cárcel, pero que también son sospechosos de haber participado en un robo anterior, por lo cual, si ambos

ladrones confiesan también haber cometido el otro robo, cada uno recibirá 3 años de cárcel. Además, que en el caso que solo uno de ellos confiese haber cometido el otro robo, el confesante recibirá solo 1 año de cárcel, mientras que el otro tendrá una sentencia de 10 años.

En este juego es fácil ver que tenemos cuatro posibles resultados, es decir:

1. Ambos ladrones confiesan haber cometido el robo anterior.
2. Ninguno confiesa haber cometido el robo.
3. Solo un ladrón (L1) confiesa, mientras que el otro lo niega.
4. Solo un ladrón (L2) confiesa, mientras que el otro lo niega

Sería entonces útil preguntarse ¿cuál es la mejor estrategia para cada ladrón? De acuerdo con el concepto de equilibrio de Nash ¿qué va a suceder? Para responder estas preguntas analicemos lo siguiente. Consideremos el punto de vista del ladrón (L1): para él es fácil identificar que el mejor escenario posible sería que recibiera solo un año de cárcel, es decir, el resultado 3 de la lista anterior. El peor escenario para el ladrón (L1) sería precisamente el opuesto, es decir, el resultado 4 en la lista anterior, donde el ladrón (L1) niegue la participación en el robo y el ladrón (L2) confiese que ambos participaron en el robo anterior.

Dadas las condiciones mencionadas, ¿qué es lo mejor que puede hacer el ladrón (L1)? Este es precisamente el dilema que enfrentan ambos ladrones, y la respuesta es sencilla: ¡confesar!

Veamos la siguiente matriz de recompensas y verifiquemos la situación.

		Ladrón 1 (L1)	
		Confesar	No confesar
Ladrón 2 (L2)	Confesar	(3 años, 3 años)	(1 año, 10 años)
	No confesar	(10 años, 1 año)	(2 años, 2 años)

Matriz de recompensas del dilema del prisionero.

Si ambos ladrones deciden no confesar el robo anterior, entonces cada uno tendrá una sentencia de 2 años. Si ambos confiesan, la sentencia sería de 3 años de cárcel para cada uno. Si solo el ladrón (L1) confiesa, entonces obtiene solamente 1 año de sentencia, mientras que (L2) recibiría 10 años. La situación opuesta ocurre si (L1) decide no confesar y (L2) sí confiesa, pues (L1) recibiría 10 años de cárcel, mientras que (L2) solo 1 año de sentencia.

Recordando el concepto de Nash, sabemos que cada jugador (ladrón) está interesado en obtener la menor sentencia posible, pero su situación no depende solo de sus acciones propias, sino también de lo que el otro ladrón decida hacer. En este caso, si la mejor estrategia es confesar, entonces el equilibrio de Nash sería precisamente el resultado en el cual ambos ladrones confiesan, es decir, la casilla que asigna 3 años de cárcel a cada uno de los ladrones (Parkin y Loria, 2010).

De acuerdo con Rubinstein (2012), el equilibrio de Nash se basa en dos supuestos. El primero, considera que cada acción que el jugador elija tiene la característica de que es “la mejor”, considerando (o suponiendo) lo que el otro jugador hará. El segundo, que estas creencias o consideraciones acerca de las acciones de los otros jugadores son correctas.

Sería bueno preguntarse ¿qué sucede cuando alguno de los supuestos del equilibrio de Nash falla? Si es así, entonces el equilibrio no se alcanza. Supongamos que uno de los ladrones se equivoca y elige una acción que no es “la mejor”, es decir, elige no confesar; en este caso el equilibrio alcanzado (resultado) no sería el de Nash, sino un equilibrio en donde el jugador que cometió el “error” de no confesar recibiría 10 años de cárcel, mientras que el oponente elegiría su mejor opción, es decir, confesar, por lo cual recibiría solamente 1 año de sentencia.

2.5.5 Ejemplo: modelo de Cournot

El modelo de Cournot es un modelo de un periodo. Se supone que hay varias empresas que producen un producto que los consumidores consideran homogéneo. Este modelo también se conoce como *competencia en cantidad*, ya que se supone que los productores solo deciden la cantidad que producen y no tienen control de su precio, el cual se decide a través de la demanda del mercado. Muchos mercados de recursos naturales, como el del petróleo, pueden ser razonablemente representados con este modelo.⁷

Vamos a resolver el caso más sencillo, el de dos empresas: empresa 1 y empresa 2. El precio en el mercado está determinado por la función

⁷ Por ejemplo, cuando cayó el precio internacional del petróleo a principios de los ochenta, el entonces presidente de México, José López Portillo, advirtió a sus clientes que nuestro país no reduciría el precio de su petróleo, y que si por esa razón dejaban de comprarle, México no les volvería a vender nunca más. Dado que a los importadores le daba lo mismo el producto de un país que el de otro, esos países cambiaron de proveedor sin problemas y eventualmente México tuvo que bajar el precio de su petróleo para no quedarse sin clientes. Véase <http://www.enriquekrauze.com.mx/joomla/index.php/opinion/94-art-critica-politica/1048-jose-lopez-portillo.html>
Consultado el 7 de octubre del 2019.

inversa de la demanda: $P(Q) = a - Q$. La cantidad del mercado es la suma de la cantidad producida por la empresa 1 y la empresa 2: $Q = q_1 + q_2$. Asimismo, vamos a suponer que el costo de producción está dado por el número de unidades producidas multiplicadas por un costo de producción c por unidad: $C_i(q_i) = cq_i$.

Las ganancias de las empresas están dadas por la cantidad producida multiplicada por el precio al que se vende, menos el costo de producir cada unidad:

$$\pi_i(q_i, q_j) = q_i[P(q_i + q_j) - c] = q_i[a - (q_i + q_j) - c]$$

Para la empresa i buscamos la cantidad q_i que maximice sus ganancias:

$$\max_{0 \leq q_i \leq \infty} \pi_i(q_i, q_j) = \max_{0 \leq q_i \leq \infty} q_i [P(q_i + q_j) - c]$$

Obteniendo las condiciones de primer orden de la función de ganancias con respecto a q_i , podemos obtener la producción que maximiza las ganancias de la empresa i . A esta función generalmente se le conoce como la mejor respuesta de la empresa i .

$$q_i = 1/2 (a - q_j - c)$$

Podemos ver cómo la producción óptima de cada empresa está en función de la producción de la otra. Encontrar esta función no tiene mucho sentido en un modelo de un periodo en el que no se puede observar la producción de las otras empresas. Sin embargo, es muy razonable si el modelo está representando el mercado de petróleo donde los productores pueden observar la producción de los otros, al menos sus inversiones y su capacidad de producción.

Igualando la mejor respuesta de las dos empresas, obtenemos el equilibrio de Nash, el cual es:

$$q_1^* = q_2^* = (a - c)/3$$

La predicción del método de eliminación de estrategias estrictamente dominadas nos diría que, ya que las únicas producciones que nunca le convendría producir a las empresas son producciones negativas y mayores a a (donde se tendría precios negativos), cualquier combinación de producción para los dos productores entre cero y a son posibles solucio-

nes. Esto es razonable en un modelo de un periodo, donde los jugadores no observan las decisiones de los otros jugadores. Sin embargo, esta solución no es razonable si estamos pensando en un mercado como el del petróleo, donde las decisiones de producción tardan años en concretarse y las empresas o países pueden ver las decisiones que toman otras empresas o países.

2.5.6 Cómo encontrar un equilibrio de Nash

Recapitulando, ¿cómo podríamos encontrar un equilibrio de Nash? Para responder esta pregunta es necesario enlistar los siguientes pasos:

1. Identificar las acciones de cada jugador y los pagos correspondientes a dichas acciones.
2. Seleccionar un jugador, analizar la situación desde su punto de vista y encontrar la mejor respuesta (la acción que maximice la utilidad) a cada acción del oponente. Repetir este procedimiento hasta terminar con las acciones del oponente.
3. Ahora se debe repetir el paso número 2, pero desde el punto de vista del otro jugador.
4. Ya identificadas las mejores acciones para cada jugador y sus respectivos pagos, entonces podemos identificar también el equilibrio de Nash, es decir, el par de estrategias que maximizan la utilidad de ambos jugadores.

El tema de teoría de juegos es muy extenso y solo hemos cubierto lo básico. Ahora que sabemos que el equilibrio de Nash representa las mejores acciones que cada jugador puede tomar ante las mejores acciones del oponente, sería interesante preguntarnos ¿qué sucederá si nuestro oponente, o incluso nosotros mismos, seleccionamos nuestras acciones de manera aleatoria?

Para esto necesitamos utilizar el concepto de *estrategias mixtas*. Las estrategias mixtas son aquellas estrategias en las cuales existe un componente aleatorio o de azar al momento de seleccionarlas (Parkin & Loria, 2010). Para entender mejor este concepto analicemos el siguiente famoso ejemplo.

2.5.7 El juego de la gallina

El juego de la gallina, también conocido como el juego de los conductores *kamikazes*,⁸ es una situación hipotética que involucra a dos conductores de autos que manejan sus respectivos vehículos en dirección al oponente mediante un solo carril. Solo existen dos acciones: continuar por el carril o desviarse. El nombre del juego de *gallina* surge en referencia a aquel conductor que decida desviarse y evitar la colisión de ambos automóviles. Veamos analíticamente la situación: el conductor que se desvíe primero y evite la colisión será un *gallina*. Si esto ocurriera, entonces el conductor *gallina* quedaría como el *cobarde*, por lo cual su pago sería negativo. Si ambos conductores deciden mantenerse en el carril y ninguno es *gallina*, entonces las consecuencias serían fatales, ya que tendríamos una colisión y el pago para ambos conductores sería una enorme pérdida. Para mayor claridad, veamos la siguiente matriz de pagos:

		Conductor (C1)	
		Desviarse	Continuar
Cond. (c2)	Desviarse	(0, 0)	(-10, +10)
	Continuar	(+10, -10)	(-20, -20)

Matriz de recompensas del juego de la gallina.

Como podemos observar, si ambos conductores deciden desviarse entonces son *gallinas* y el pago para ambos sería de 0. En el caso de que decidan mantenerse en el carril tendríamos una colisión, por lo cual el pago sería de -20 para ambos conductores. Si un conductor decide desviarse, mientras que el otro se mantiene en el carril, entonces el conductor *gallina* recibiría de pago -10, mientras que el conductor que se mantuvo en el carril recibiría 10.

A diferencia del dilema del prisionero, en este juego no existe un equilibrio de Nash en estrategias puras. Veamos por qué. Si un conductor decide desviarse, entonces el otro estaría mejor manteniéndose en el carril. Asimismo, si ambos conductores deciden continuar en el carril, entonces uno estaría mejor si decide desviarse, ya que -10 es mejor que -20.

Añadamos el siguiente ingrediente: supongamos que el conductor (C1) decide desviarse con probabilidad x y continuar en el carril con proba-

⁸ El término kamikaze se refiere a los aviones suicidas del ejército japonés que en la Segunda Guerra Mundial voluntariamente se estrellaban cargados de explosivos contra el objetivo enemigo (Wikipedia <https://es.wikipedia.org/wiki/Kamikaze>).

bilidad $1 - x$. Veamos qué prefiere el conductor (C1):

$$\begin{aligned}U_{C1}(\text{Desviarse}) &= (0)x + (-10)(1 - x) = -10 + 10x \\U_{C1}(\text{Continuar}) &= (+10)x + (-20)(1 - x) = 10x - 20 + 20x\end{aligned}$$

Para que el conductor (C1) esté en equilibrio, es decir, indiferente a desviarse o continuar en el carril, se necesita que

$$\begin{aligned}U_{C1}(\text{Desviarse}) &= U_{C1}(\text{Continuar}) \\-10 + 10x &= 10x - 20 + 20x \\10 &= 20x \\x &= 1/2\end{aligned}$$

En otras palabras, el conductor (C1) está indeciso entre continuar y desviarse cuando $x = 1/2$. De la misma manera, el conductor (C2) decide desviarse con probabilidad y y continuar en el carril con probabilidad $1 - y$. Veamos qué prefiere el conductor dos:

$$\begin{aligned}U_{C2}(\text{Desviarse}) &= (0)y + (10)(1 - y) = 10 - 10y \\U_{C2}(\text{Continuar}) &= (-10)y + (-20)(1 - y) = -10y - 20 + 20y\end{aligned}$$

Para que el conductor (C2) esté en equilibrio, es decir, indiferente a desviarse o continuar en el carril se necesita que

$$\begin{aligned}U_{C2}(\text{Desviarse}) &= U_{C2}(\text{Continuar}) \\10 - 10y &= -10y - 20 + 20y \\10 &= 20y \\y &= 1/2\end{aligned}$$

De la misma manera, el conductor (C2) en equilibrio está indeciso entre continuar y desviarse cuando $y = 1/2$. En otras palabras, el conductor (C1) elige aleatoriamente entre la acción desviarse y continuar cuando $x = 1/2$, mientras que el conductor (C2) elige aleatoriamente entre la acción desviarse y continuar cuando $y = 1/2$. Por lo tanto, el equilibrio de Nash de estrategias mixtas sucede cuando el conductor es indiferente si la utilidad esperada de una acción es la misma que la utilidad esperada de otra acción cualquiera. En este caso sucede cuando $x = y = 1/2$.

2.6 Juegos de varios periodos

Si una de las características principales de la realidad que queremos representar es que los participantes de nuestros mercados hacen acuerdos en los que están presentes amenazas y promesas, lo más conveniente es representarlos con un modelo de varios periodos, debido a que la naturaleza de las amenazas y promesas es a través de castigos y premios que se llevan a cabo después de haber observado acciones pasadas.

En los juegos de varios periodos vamos a hacer el esfuerzo de escribir para cada jugador todas las acciones que juega, pero también las que hubiera jugado si el juego hubiera ocurrido de otra manera. Vamos a llamarle *estrategias* a todas las acciones de un jugador, tanto las que juega como las que hubiera querido jugar en cualquier otras situación.

Por ejemplo: en el juego de *papel-piedra-tijeras*, cada jugador solo puede jugar una de tres acciones posibles, pero si jugamos de manera secuencial, en la situación de que un jugador (llamémosle jugador 1) juega primero y otro (digamos el jugador 2) juega después de ver lo que hizo el jugador 1, ¿cómo describiríamos la mejor estrategia del jugador 2?

Sabemos que, para ganar, el jugador 2 debe jugar *tijeras* si el jugador 1 juega *papel*, le conviene jugar *papel* si el jugador 1 juega *piedra*, y le conviene jugar *piedra* si el jugador 1 juega *tijeras*. Por un principio de simplicidad, digamos que la mejor estrategia del jugador 2 sería *tijeras*, *papel*, *piedra*. Esta estrategia incluye lo que hará en las tres posibles situaciones del segundo periodo, incluso cuando solo una de ellas se va a llevar a cabo, pues el jugador 1 solo puede escoger una acción.

Esta es la manera en la que vamos a escribir las estrategias de los jugadores en juegos secuenciales, como el conjunto de acciones que un jugador haría en cada situación.

2.6.1 Colusión en el mercado de petróleo

Imaginemos que estamos interesados en analizar si los productores en el mercado del petróleo pueden acordar la disminución de su producción y con ello elevar el precio del petróleo.

Un simple acuerdo para que cada productor disminuya su producción no serviría porque en cualquier momento alguno puede renegar del acuerdo y elevar su producción para vender más petróleo y a un precio elevado, si el resto de los productores sí mantienen el acuerdo. Existen acuerdos más complicados con amenazas que pueden detener desviaciones. Las amenazas tienen que ser lo suficientemente fuertes para contener cualquier ganancia por desviación del acuerdo. Un tema muy estudiado en la teoría de juegos es la credibilidad de las amenazas. ¿Cuándo

podemos pensar que un jugador va a cumplir sus amenazas y cuándo podemos pensar que una amenaza es vacía?

Cuando a un jugador no le conviene cumplir su amenaza en la teoría de juegos se conoce como *amenaza no creíble*. Para que un jugador pueda llevar a cabo una amenaza sin impedimentos, cumplirla no debe perjudicarlo.

Se piensa que una extensión del equilibrio de Nash especial para los juegos de varios periodos, el *equilibrio de Nash perfecto en subjuegos*, nos da predicciones razonables para las realidades representadas por los juegos de varios periodos. El principal objetivo del equilibrio de Nash perfecto en subjuegos es darnos una solución en la que no estén presentes promesas y amenazas que no son creíbles. Esta solución exige que los jugadores jueguen de manera óptima en cualquier situación que pudiera ocurrir, sin amenazas ni promesas.

Por ejemplo, la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) podría sostener un acuerdo para reducir la producción de petróleo a una cantidad establecida si incluyera la amenaza de que si un país rompe el acuerdo, en castigo los demás países elevarían su producción por un cierto número de periodos, lo que llevaría a una reducción del precio. De hecho, normalmente Arabia Saudita funciona como el país castigador en el mercado del petróleo. Cuando un país de la OPEP rompe el acuerdo y produce más de lo acordado, Arabia Saudita laumenta su producción por un cierto tiempo y con ello baja el precio del petróleo. Lo que hace creíble esta amenaza es que a Arabia Saudita le conviene que los otros países de la OPEP no se desvíen del acuerdo, incluso sufriendo pérdidas en el corto plazo cuando impone un castigo (Griffin y Xiong, 1997).

3 Conclusión

En este capítulo hemos intentado explicar de una manera sencilla los principales temas que se dificulta entender cuando se toma por primera vez un curso de teoría de juegos. Los conceptos de solución de la teoría de juegos se aplican a muchas áreas de la teoría económica, como son la organización industrial teórica o la economía del comportamiento. Su entendimiento es vital para encontrar las predicciones más razonables a los modelos de estas áreas. La principal solución de la teoría de juegos, el equilibrio de Nash, tiene varios supuestos sutiles que nos dan la mejor predicción, no para los modelos que se están resolviendo, sino para la

realidad que estos modelos representan. Intentamos explicar lo mejor que pudimos estos supuestos y su implicación.

Este capítulo de ninguna manera intentó ser exhaustivo y se debe tomar solamente como un complemento inicial a libros más establecidos de teoría de juegos, como son el Gibbons (1992) o el Vega Redondo (2000). La teoría de juegos tiene muchos más temas de los que se incluyeron aquí, como son los equilibrios bayesianos perfectos, juegos de señalización y juegos psicológicos, entre muchos otros. Esperamos poder incluir nuevos temas en un capítulo posterior.

4 Bibliografía

Binmore, K. (2007). *Game Theory, A Very Short Introduction*. Oxford University Press. Oxford, U.K.

Cournot, A. A. (1838). *Recherches sur les Principes Mathématiques de la Théorie des Richesses*. Paris, Hachette.

Gibbons, R. (1992). *A Primer in Game Theory*, Prentice Hall, New Jersey.

Griffin, J. M. y Xiong, W. (1997). "The Incentive to Cheat: An Empirical Analysis of OPEC", *Journal of Law and Economics*, vol. 40(2), pp. 289-316.

Hammond, K. R. (2007). *Beyond rationality: The search for wisdom in a troubled time*. Oxford University Press.

Milgrom, P. R., Weber, R. J. (1987). "A Theory of Auctions and Competitive Bidding", *Econometrica*, vol. 50(5), pp. 1089-1112.

Nash, J. F. (1950). "Equilibrium points in n-person games", *Proceedings of the National Academy of Science*, 36(1), pp. 48-49.

Nash, J. F. (1953). "Two-Person Cooperative Games", *Econometrica*, vol. 21(1), pp. 128-140.

Parkin, M., & Loría, Eduardo (2010). *Microeconomía*, versión Latinoamericana.

- Rodrik, D. (2015). "Economics rules: Why economics works, when it fails, and how to tell the difference", *OUP Oxford, 1*, pp. 16-21.
- Rubinstein, A. (1982). "Perfect Equilibrium in a Bargaining Model", *Econometrica*, vol. 50(1), pp. 97-110.
- Rubinstein, A. (2012). *Economic fables*. Open book publishers, pp. 92-102.
- Vega Redondo, F. (2000). *Economía y Juegos*, Antoni Bosch Editores, Barcelona.
- Von Neumann, J., Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, New Jersey, EU.

Principios de decisiones financieras

Fernando García Barragán

1. Introducción

Sin importar nuestra formación académica o el ámbito en el cual nos desempeñamos, el estudio de las finanzas es una herramienta fundamental para la toma de decisiones. Aquello que entendemos por *finanzas* se puede definir como un área de la economía que trata de las decisiones relacionadas con el dinero y las inversiones. Por supuesto, como en la microeconomía, estas decisiones deben tener un objetivo claro, considerando las restricciones e implicaciones de cada elección.

El ejemplo esencial de las finanzas se basa en la transferencia de recursos. La transferencia se puede dar entre dos grupos de personas: el de quienes tienen un excedente y el de aquellos que necesitan recursos extras, aunque los objetivos de estas transferencias no sean especificados al momento. Es así como tenemos el origen de los préstamos, el cual puede tener una tasa de interés o rendimiento que lo incentive.

En la economía, todos los agentes o corporaciones deben tener presente, entre otros conceptos, el rendimiento y el riesgo de cada opción. En este capítulo revisaremos estos dos elementos, así como conceptos y herramientas fundamentales para derivarlos y, eventualmente, analizar el cómo y el porqué invertir.

Entre las herramientas que vamos a revisar tenemos las matemáticas financieras para describir cómo es que las tasas de interés pueden ser especificadas, así como la forma en que las capitalizaciones pueden tener un impacto en nuestras decisiones.

Al final de nuestro capítulo mostraremos un portafolios de inversión. En este primer encuentro con el estudio de las finanzas simplificaremos la realidad con ejemplos sencillos que nos ayudarán a entender cómo es que un inversionista toma decisiones, entre las que se encuentra la diversificación. La diversificación la entendemos simplemente como una herramienta para minimizar el riesgo asociado a las inversiones entre varias opciones financieras.

Existen varios ejemplos en las secciones principales. Invitamos al lector a seguir la metodología y los resultados para clarificar conceptos e ideas.

2. Conceptos básicos

En esta sección revisamos los conceptos básicos que nos ayudan a entender las finanzas. Además de describir los fundamentos de las finanzas, estudiamos determinantes y relación entre la tasa de interés o rendimiento y el riesgo.

2.1. Tipos de finanzas

En términos generales, podemos distinguir diferentes tipos de finanzas dependiendo de quiénes participan en la toma de decisiones y cuáles son sus objetivos. Entre ellas podemos destacar las finanzas personales, las finanzas corporativas o empresariales y las finanzas públicas.

En el caso de las finanzas personales, se trata de las decisiones financieras de individuos o familias y se relacionan con gastos, ingresos y ahorros-inversiones, principalmente. Nos ayudaremos de las finanzas personales para describir dos posiciones diferentes que se repiten en cada uno de los otros tipos de finanzas: el acreedor y el deudor.

En el momento de que una persona obtiene un crédito se pacta una tasa de interés a pagar, por ejemplo, al banco. Es así que la persona se convierte en deudor y el banco en acreedor. Lo que para el primero es un costo financiero, para el segundo es un rendimiento financiero.

Las finanzas corporativas o empresariales, como su nombre lo indica, se refieren a decisiones a nivel empresarial. Su objetivo principal es el beneficio de la actividad productiva y se relaciona con inversiones y posibles financiaciones. Las empresas pueden obtener financiamiento mediante préstamos, como ocurre en las finanzas personales, o pueden captar nuevos inversionistas a los cuales se les promete un rendimiento financiero. En este caso, las empresas emiten acciones que, precisamente, representan esta deuda-inversión y el compromiso de pago.

Las finanzas públicas se refieren a las decisiones del sector público o gubernamental. Como podemos intuir, su objetivo general es buscar el bienestar social, tomando en cuenta los ingresos y egresos, los impuestos y las inversiones, así como posibles deudas. Cuando sus ingresos superan a sus egresos, los gobiernos tienen un superávit. En el caso opuesto se habla de un déficit. El gobierno define estrategias y fines dependiendo del caso en el que se encuentre.

2.2. Tasa de interés y riesgo

Antes que nada, debemos definir y suponer algo básico e importante: el proceso de invertir implica guardar capital en algún lado para su uso futuro. Partamos de que el propósito de esta inversión es obtener más dinero del que guardamos en un principio. Existe una infinidad de opciones de inversión o activos financieros: desde guardar el dinero en un frasco hasta comprar bonos gubernamentales o invertirlo en empresas nacionales e internacionales.

Para decidir entre una opción u otra, el individuo debe hacer una evaluación que se basa en valorar el rendimiento y el riesgo de cada alternativa. El rendimiento o tasa de interés se refiere al cambio en el valor de una inversión expresado como un porcentaje del valor inicial. Por ejemplo, si adquirimos un activo financiero básico, como un coche, por una cantidad x_0 y después lo vendemos en un precio mayor x_1 , el rendimiento de la operación está dado por $R = 100 \cdot (x_1 - x_0)/x_0$.

Una duda generalizada es en qué se basan las instituciones financieras para establecer una tasa de interés. Para todas las economías existe una tasa de referencia o líder que muchas veces también coincide con la política monetaria. Para el caso de México, existe la tasa de interés que pagan los Certificados de la Tesorería de la Federación (Cetes) a 28 días,¹ aunque también puede considerarse la tasa de interés interbancaria de equilibrio (TIIE). Es común encontrar que ciertos préstamos cobran una tasa expresada como un porcentaje extra sobre la tasa de referencia, por ejemplo, 3% sobre la tasa de Cetes o TIIE. Por consecuencia, podemos imaginar que si la tasa de referencia sube, entonces todas las demás tasas pueden seguir la misma tendencia.²

En la figura 1 tenemos la evolución de diferentes tasas de interés: TIIE, tasas de interés sobre tarjeta de crédito y pagarés bancarios. Podemos relacionar las subidas y bajadas con base en la TIIE, con excepción de la tasa sobre tarjeta de crédito que, aunque es más volátil, de cierta forma sigue la tendencia de la TIIE. En un ejercicio más amplio podríamos ver de manera más clara esta sincronización entre las tasas de interés.

Otro determinante de las tasas de interés es el riesgo. No es lo mismo prestar a alguien con empleo durante los últimos años que a alguien que pierde su empleo cada tres meses. Por tanto, a la persona que presente una probabilidad mayor de impago se le establece una tasa de interés

¹ La tasa de los Cetes es calculada por el Banco de México. Existen otros periodos, como 91 y 182 días; esto es, la tasa de interés es pagada al final del periodo en específico.

² Taylor (1995), Ellingsen (2001); Kuttner (2001), muestran resultados relacionados con el efecto de la tasa de interés de referencia sobre las demás tasas en el mercado.

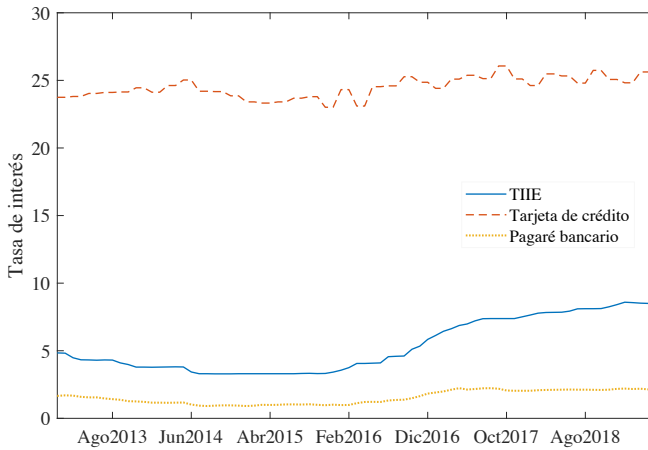


Figura 1: Tasas de interés anuales: tasa de interés interbancaria de equilibrio (TIIE), tasa de interés sobre tarjeta de crédito y tasas de interés sobre pagarés bancarios.

Fuente: Sistema de información financiera, Banco de México.

mayor. En términos generales, el riesgo está relacionado con la incertidumbre que una opción de inversión o activo financiero puede tener. Esto puede expresarse como la probabilidad que existe de obtener dicho rendimiento, o en un caso extremo, está relacionado con las pérdidas potenciales que se pueden sufrir.

En el mercado financiero es sabido que las opciones que ofrecen mayores rendimientos pueden ser las más riesgosas. También es sabido que no todos los individuos tienen las mismas preferencias, algunos son más conservadores y buscan opciones con el menor riesgo posible, y hay otros que están dispuestos a tomar mayores riesgos, siempre y cuando el rendimiento esperado sea mucho mayor.

Como ejemplo de activos financieros que son libres de riesgo y que aseguran rendimientos tenemos los bonos gubernamentales. Los bonos gubernamentales son instrumentos de deuda con los que un gobierno promete el pago de un rendimiento. Es de notarse que no es lo mismo un bono gubernamental de un país que está en guerra que aquellos que provienen de países con estabilidad política y económica. Es así que

desde estos bonos “libres de riesgo” podemos encontrar diferencias entre sus rendimientos y sus riesgos y podemos imaginar las diferencias encontradas entre activos riesgosos. En la Tabla 1 encontramos bonos gubernamentales de varios países en el mundo y la tasa de rendimiento que ofrecen. También, junto a los rendimientos tenemos una calificación que nos define el nivel de riesgo de dicho bono. Mientras que un AAA se refiere a una inversión con el menor riesgo posible o “prime”, en inglés, la calificación SD indica una opción que es muy riesgosa o “in default”.

Tabla 1: Tasa de interés y calificación crediticia por país

País	Tasa de interés	Calificación		
		S&P	Moody's	Fitch
Argentina	70.99 %	CCC-	Caa2	CC
Brasil	5.50 %	BB-	Ba2	BB-
Botsuana	4.75 %	A-	A2	-
Canadá	1.75 %	AAA	Aaa	AAA
Estados Unidos	2.00 %	AA+	Aaa	AAA
México	7.75 %	BBB+	A3	BBB
Venezuela	31.83 %	SD	WR	RD

Las calificaciones son dadas por empresas especializadas que revisan, evalúan y pronostican la política fiscal, los ingresos y los egresos de los países, así como su situación política, social y tasas de inflación. Entre las más conocidas tenemos a Standard and Poors (S&P), Moody's, y Fitch. Cada una de ellas emite su propia calificación, pero podemos notar en nuestro ejemplo que son bastante parecidas. Es de notar en la Tabla 1 que México tiene una calificación alta comparada con otros países de Latinoamérica, aunque entendiblemente más baja que Estados Unidos y Canadá. Y en el caso extremo tenemos a Venezuela con la menor calificación posible.

3. Matemáticas financieras: tasas de interés

En esta sección revisaremos las matemáticas necesarias en el estudio de las finanzas. Nos enfocaremos en el interés simple y el interés compuesto, dependiendo de las posibles capitalizaciones. Asimismo, nos ayuda-

remos de algunos ejemplos prácticos para aclarar la lógica detrás de los cálculos. Cabe mencionar que las siguientes fórmulas y ejemplos tienen como objetivo ser un punto de partida. La complejidad de los ejemplos y cálculos puede ampliarse, pero eso está fuera del propósito de este capítulo.

3.1. Interés simple

Por lo general, al momento de solicitar un préstamo (monto inicial) se establece una tasa de interés anual (y nominal, ya que no se toma en cuenta la inflación) y un plazo a pagar. La primera opción de cálculo del monto final a pagar es cuando se establece una tasa de interés simple.

Como ejemplo veamos dos opciones que toman en cuenta dos posibles periodos de pagos: al pactar un préstamo por 1,000.00 pesos, y una tasa de interés nominal anual de 10% y dos posibles periodos de pagos: (i) un año, y (ii) seis meses. Para los cálculos siguientes, vamos a considerar que un año tiene 360 días.

Si el pago es al final de un año, definimos el rendimiento de dicho préstamo con R , el acreedor recibe un total de $R = (1,000.00)(0.1) = 100.00$. Entonces, el monto final que paga el deudor será el monto inicial más R , equivalente a un total de 1,100.00 pesos.

Para la segunda alternativa de pago debemos hacer un cambio sencillo en la tasa. Si es anual con interés simple, entonces se necesita hacer lo siguiente: la tasa de interés se divide entre el número de días del año y se multiplica por el número de días que se ha pactado el pago. Calculamos de la siguiente forma el rendimiento de esta opción: $R = (1,000.00)[(0.1/360)180] = 50$. Y el monto final a pagar es 1,050.00 pesos.

Generalizando, para calcular el rendimiento y el monto final de estas inversiones (o préstamos) anuales, podemos seguir las siguientes fórmulas. Siendo el interés simple i y anual, el plazo a pagar n número de días, entonces:

$$\text{Rendimiento} = R = \text{monto inicial} [(i/360)n], \quad (1)$$

$$\text{Monto final} = \text{monto inicial} [1 + (i/360)n]. \quad (2)$$

Sin embargo, si la tasa de interés es trimestral, notemos los cambios en las fórmulas:

$$\text{Rendimiento} = R = \text{monto inicial} [(i/4) n] \quad (3)$$

$$\text{Monto final} = \text{monto inicial} [1 + (i/4) n]. \quad (4)$$

Es decir, ahora tenemos que dividir la tasa entre el número de trimestres que tiene el año, y n es la cantidad de trimestres que se pacta el pago de la inversión.

3.2. Interés compuesto

Otra opción para calcular el monto final es cuando el interés se define como compuesto. Esto es un proceso de reinversión de los rendimientos obtenidos o comúnmente definido como capitalizaciones. Ahora imaginemos el ejemplo anterior, pero desde el punto de vista de un inversionista. Nos ofrecen una opción de inversión donde hay que dar un monto inicial, de nuevo, de 1,000.00 pesos con un interés pactado de 10%, y el plazo para que te paguen es de un año. La diferencia se da en que ahora se especifican dos periodos de capitalización, definido por c , una a medio año y otra al final. Veamos paso a paso qué es lo que pasa con esta inversión. En la primera mitad del año el rendimiento es $R_1 = (1,000.00) (0.1/360) 180 = 50$. Entonces, el monto inicial más R_1 es igual a 1,050.00, el cual se vuelve a invertir por el restante medio año. El rendimiento de la segunda parte del año es igual a $R_2 = (1,050.00) (0.1/360) 180 = 52.5$. El monto final que se obtiene por la opción de inversión es igual a el monto inicial más ambos rendimientos, el cual asciende a 1,102.50 pesos.

En términos generales, el monto final de la inversión se define:

$$\text{Monto final} = (\text{monto inicial}) [1 + (i/c)]^c, \quad (5)$$

o cuando la tasa de interés es anual, y la capitalización es cada e número de días, entonces la fórmula se convierte en:

$$\text{Monto final} = (\text{monto inicial}) [1 + i (e/360)]^{360/e}. \quad (6)$$

La cantidad de capitalizaciones que tiene una inversión es importante para decidir cuál inversión es la mejor. Con el siguiente ejemplo comparamos y observamos la diferencia entre varias opciones financieras basadas en rendimientos y número de capitalizaciones.

El número de capitalizaciones tiene un efecto en los rendimientos, así como en las decisiones. Hagamos una comparativa donde existen 4 opciones de inversión, A, B, C y D, que no contraen riesgo, pero que tienen

diferentes capitalizaciones. La Tabla 2 describe dichas características, así como los montos finales derivados de cada una de las opciones.

Tabla 2: Opciones de inversión A, B, C y D

	A	B	C	D
Monto inicial			1,000.00	
Plazo			1 año	
Capitalizaciones	1 al año	2 al año	cada 30 días	diaria
Tasa de interés (anual)			10%	
Monto final	1,100.00	1,102.50	1,104.71	1,105.15

Comparando el interés simple y el interés compuesto podemos notar que con el segundo, es decir, el que reinvierte los rendimientos, se obtienen mayores rendimientos finales y también el monto final es mayor. Además, mientras más frecuente sea la capitalización mejores serán los rendimientos.

Finalmente, podemos utilizar estas mismas ideas y fórmulas para definir dos conceptos: el valor presente y el valor futuro. El valor futuro de una inversión es simplemente el monto final de la inversión. En especial, algo muy utilizado en finanzas es el valor presente, el cual se refiere al monto inicial. El valor presente puede entenderse también como el valor descontado del monto final:

$$\text{Valor presente} = (\text{Valor futuro}) / [1 + i(e/360)]^{360/e} . \quad (7)$$

4. Riesgo

Como definimos anteriormente, el riesgo puede estar relacionado con las probabilidades de obtener unos beneficios, o rendimientos en nuestro caso. Para complementar nuestro marco conceptual básico, además de tasas de interés o rendimientos necesitamos describir el riesgo de las opciones financieras con unos ejemplos.

Primero, describamos el concepto de rendimiento esperado con una comparación de inversiones: 1) si la inversión *A* tiene una probabilidad, *Pr*, idéntica a obtener 5% o 2.5% de tasa de interés, y 2) si la inversión *B* tiene una probabilidad, *Pr*, de 0.3 de obtener 7%, o 1% como tasa de interés.

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento esperado de } A = R_a^e &= (\text{Pr}) 5\% + (1-\text{Pr}) 2.5\% & (8) \\ &= (0.5) 5\% + (0.5) 2.5\% = 3.75\%, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento esperado de } B = R_b^e &= (\text{Pr}) 7\% + (1-\text{Pr}) 1\% & (9) \\ &= (0.3) 7\% + (0.7) 1\% = 2.8\%, \end{aligned}$$

La opción *A* muestra un rendimiento esperado mayor que la opción *B*, así como un riesgo menor. Aunque la opción *B* muestra una probabilidad de ganar un rendimiento más alto, también es cierto que su probabilidad es menor que la opción *A*. Si un inversionista tiene que escoger, no nos queda claro en principio cuál opción le parecería más atractiva. Para un inversionista que no le gusta la incertidumbre, entonces la opción *A* parece mejor; para un inversionista que le gusta el riesgo, la opción *B* es la más atractiva.

Es fácil hablar de rendimientos esperados, riesgos y decisiones de los inversionistas cuando conocemos las probabilidades, como en nuestro ejemplo previo. Sin embargo, la realidad es más compleja. Cuando no sabemos las probabilidades ni cómo calcularlas, podemos evaluar los rendimientos históricos de un activo financiero para así calcular el riesgo basándonos en la desviación estándar de los rendimientos.

Para hacer el cálculo del riesgo o desviación estándar de la opción *A*, definido por σ_a , necesitamos modificar nuestra definición de rendimiento esperado. Ahora el rendimiento esperado de la opción *A*, R_a^e es el promedio de los rendimientos obtenidos históricamente. Recordemos este principio de la estadística básica, la desviación estándar está definida por:

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I (R_i - R_a^e)^2}{I - 1}}, \quad (10)$$

donde *I* es el total de las observaciones históricas de los rendimientos de la opción *A*.

Combinando los elementos de rendimiento y de riesgo en un mismo ejemplo, consideremos la información contenida en la Tabla 3 sobre dos activos financieros: *A* y *B*. En caso de tener que elegir una opción, observando solo el rendimiento esperado escogeríamos la opción *B*. Pero en un análisis del riesgo vemos que la opción *B* muestra uno mayor que la opción *A*. Tenemos que preguntarnos si la diferencia de riesgos compensa el incremento en el rendimiento esperado. La opción *B* ofrece

un rendimiento esperado de un poco más del 1 % extra, pero en términos de riesgo es superior en más de cuatro veces. Un inversionista muy arriesgado escoge *B*, mientras otra persona vería que la compensación en rendimientos extra no compensa el posible riesgo contraído.

Tabla 3: Comparativa de rendimientos y riesgo

Año	Rendimientos A	Rendimientos B
2012	5 %	6 %
2013	6 %	6 %
2014	10 %	6 %
2015	8 %	10 %
2016	5 %	25 %
2017	6 %	2 %
2018	7 %	1 %
Rendimiento promedio	6.71 %	8.00 %
Riesgo (desviación estándar)	1.80 %	8.06 %

La información del rendimiento esperado y del riesgo muestra una fotografía del pasado, pero los inversionistas pueden asumir que el futuro seguirá la misma tendencia. Sin embargo esto no es necesariamente cierto.

Una última medida de riesgo a revisar es el coeficiente de variación. El coeficiente de variación es la división de la desviación estándar entre el rendimiento esperado. Para nuestro ejemplo anterior, los coeficiente de variación de las opciones *A* y *B* son respectivamente 0.26 y 1.07. Mientras más alto es el coeficiente de variación es más el riesgo mostrado. Así, de nuevo vemos que la opción *B* es más riesgosa.

5. Diversificación: rendimientos vs. riesgo

En finanzas el concepto de diversificación está relacionado con invertir en diferentes alternativas. Como objetivo de la diversificación tenemos nuevamente el obtener el mayor rendimiento posible con el menor riesgo, pero ahora con un mayor número de posibilidades de inversión. Como analogía, en la microeconomía tenemos la maximización del bienestar sujeto a una restricción presupuestaria. En finanzas algunos espe-

cialistas buscan la maximización del rendimiento sujeto a la información de ingresos y rendimientos de cada opción posible.

La creación de portafolios es una de las aplicaciones más conocidas para la diversificación. Un portafolio es un conjunto de activos financieros en los cuales se invierte. También se le conoce como cartera. Los inversionistas buscan crear un portafolio o cartera eficiente.

El rendimiento de un portafolio o cartera se calcula basándose en los rendimientos esperados y en la proporción invertida en cada activo financiero. Definiendo el rendimiento esperado de la cartera como R_p^e , entonces, en el caso de invertir en dos activos financieros A y B :

$$R_p^e = (\omega_a R_a^e) + (\omega_b R_b^e), \quad (11)$$

donde ω_a es la proporción del dinero total invertido en el activo A , y lo mismo aplica para el activo B . Recordemos que $\omega_b = 1 - \omega_a$, de tal cuenta que el total invertido es igual a 1. En términos generales, cuando un portafolio invierte en una cantidad J de activos financieros, el rendimiento esperado del portafolio es:

$$R_p^e = \sum_{j=1}^J (\omega_j R_j), \quad \text{donde} \quad \sum_{j=1}^J \omega_j = 1. \quad (12)$$

El siguiente elemento a calcular y evaluar es el riesgo de dicho portafolio. Nos vamos a enfocar en que el riesgo es calculado como la desviación estándar. Entonces la desviación estándar del portafolio es:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^J (R_j^e - R_p^e)^2}{I - 1}}. \quad (13)$$

Recordemos que I es la cantidad de años, meses o días a los cuales se refieren los datos históricos.

Intentemos clarificar las ideas y unificar conclusiones con el siguiente ejemplo de la Tabla 4. Podemos hacer la comparación del rendimiento esperado y del riesgo del portafolio. En dicha tabla tenemos dos posibles activos financieros y sus rendimientos durante varias años. La estrategia de diversificación es simple y consiste en invertir la misma cantidad en la opción A y en la opción B .

Tabla 4: Rendimiento y riesgo de portafolio

Año	R_a	R_b	R_p en cada año
2013	6 %	6 %	6.0 %
2014	10 %	6 %	8.0 %
2015	8 %	10 %	9.0 %
2016	5 %	25 %	15.0 %
2017	6 %	2 %	4.0 %
2018	7 %	1 %	4.0 %
R_p^e todos los años			7.7 %
			σ_p 4.1 %

Para clarificar el cálculo del riesgo del portafolio, lo derivamos de la siguiente forma:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(6 - 7.7)^2 + (8 - 7.7)^2 + (9 - 7.7)^2 + (15 - 7.7)^2 + (4 - 7.7)^2 + (4 - 7.7)^2}{6 - 1}} \quad (14)$$

Así como existe la desviación estándar como herramienta estadística para medir el riesgo, la medida de correlación puede ser importante para la conformación de portafolios. En palabras simples, una correlación positiva de los rendimientos de dos activos indica que si el rendimiento de un activo incrementa, el otro activo también experimenta aumentos. En el caso negativo, cuando hay disminuciones, también se cumple lo mismo. Si un inversionista quiere diversificar, esto es, disminuir los riesgos, entonces puede escoger activos financieros que muestren correlaciones negativas. Invertir en dos activos con correlación negativa indica que si a uno de ellos “le va mal” (su rendimiento baja), al otro le puede ir bien, y así se contrarrestan pérdidas con ganancias.

La Figura 2 nos ayuda a ver los posibles efectos de la correlación y sus impactos en la inversión. Enfocándonos en el año 2016, es posible apreciar que ambos rendimientos tuvieron movimientos contrarios. Lo que para el activo A significó una caída, para el activo B fue un incremento sustancial. Por supuesto, en el mejor escenario posible el inversionista invirtió todo en el activo financiero B . Pero en el caso contrario, si la decisión de inversión fuera del 100 % en el activo A , el inversionista enfren-

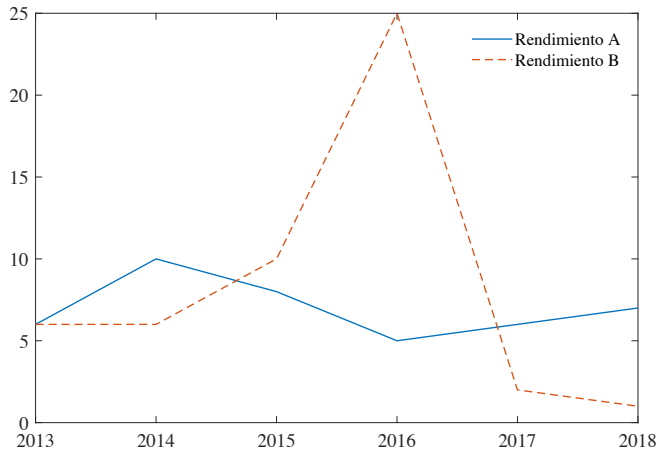


Figura 2: Rendimientos históricos de los activos financieros A y B.

taría una pérdida en sus rendimientos. Es en este caso que diversificar la inversión hace posible incluso tener incrementos en los rendimientos.

Al final de esta sección nos preguntamos cómo diversificar, lo cual es su objetivo principal. En la Tabla 4 vemos el rendimiento del portafolio junto con su riesgo, todo esto manteniendo una fracción igual de cada activo. Nuestro siguiente ejercicio considera algo diferente: los rendimientos y el riesgo del portafolio son calculados con diferentes proporciones de inversión en los activos financieros.

La Tabla 5 muestra varias opciones de portafolios que contienen unas proporciones de los activos A y B. También calculamos su rendimiento esperado de portafolio y el riesgo respectivo. En negritas tenemos los resultados de invertir la mitad de los recursos en cada activo, ya descritos en la Tabla 4. En las columnas de la derecha tenemos las proporciones. El primer porcentaje se refiere a lo invertido en el activo *A* y el segundo se relaciona con lo invertido en *B*. Podemos notar que invertir una proporción mayor en *B* aumenta el rendimiento del portafolio, pero también su riesgo.

Y la Figura 3 representa gráficamente las diferentes opciones de inversión dependiendo del porcentaje invertido en cada activo financiero. Notamos diferentes áreas sobre la curva. En el punto A es donde se in-

Tabla 5: Diversificación de portafolios: un ejemplo

Año	R_a	R_b	R_p				
			10%-90%	25%-75%	50%-50%	75%-25%	90%-10%
2013	6%	6%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
2014	10%	6%	6.4%	7.0%	8.0%	9.0%	9.6%
2015	8%	10%	9.8%	9.5%	9.0%	8.5%	8.2%
2016	5%	25%	23.0%	20.0%	15.0%	10.0%	7.0%
2017	6%	2%	2.4%	3.0%	4.0%	5.0%	5.6%
2018	7%	1%	1.6%	2.5%	4.0%	5.5%	6.4%
R_p	7.00%	8.33%	R_p 8.2%	8.0%	7.7%	7.3%	7.1%
σ_p	1.79%	8.78%	σ_p 7.8%	6.4%	4.1%	2.1%	1.5%

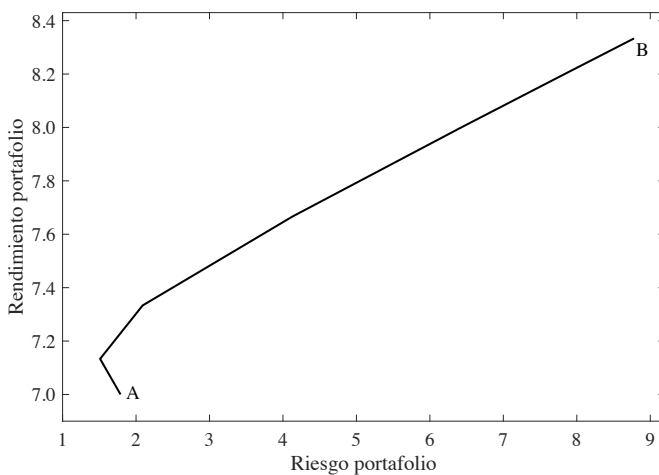


Figura 3: Rendimiento y riesgo de portafolio.

vierte solo en el activo A , y conforme se acerca al punto B sobre la curva quiere decir que estamos invirtiendo una proporción más alta en el activo B . El punto especificado con B significa que solo invertimos en dicho activo, esto es, nuestro 100% se invierte en el activo B .

6. Diversificación a la Markowitz

Revisar el rendimiento esperado, así como la desviación estándar, no es injustificado. En la Figura 4 tenemos el histograma de los rendimientos de un activo financiero. Podemos ver que la forma emula una función de distribución normal. Para una distribución normal, lo único importante es la media y la varianza (o desviación estándar). En este caso, la media es el rendimiento esperado de los activos financieros anteriormente analizados. Es por ello que los inversionistas o especialistas financieros pueden revisar estas dos medidas y tomar decisiones de inversión.

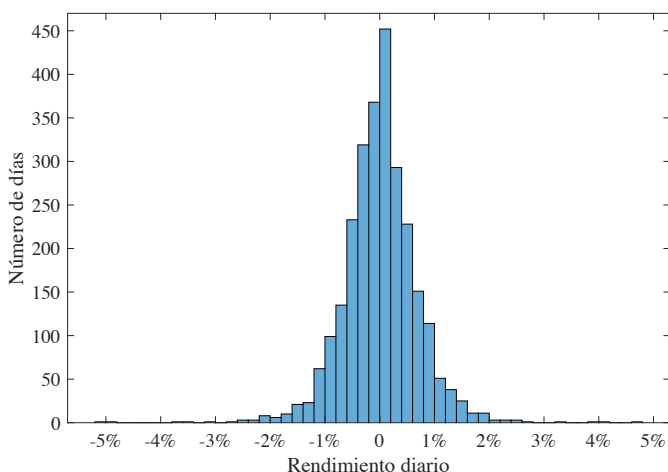


Figura 4: Histograma de rendimientos diarios para América Móvil México (5 de enero de 2009 - 11 de octubre de 2019).

Fuente: *Yahoo Finance*.

Markowitz (1952) explica ese comportamiento que describimos sobre los inversionistas: buscar la reducción del riesgo y maximización del rendimiento. Sus ideas fundamentan los principios en los cuales nos basamos para la construcción eficiente de portafolios.

La Figura 5 muestra el histograma de dos activos financieros muy parecidos: América Móvil México y Estados Unidos. En un ejercicio real podemos comparar dos activos financieros e imaginar qué opción parece la más atractiva. Ambos activos financieros muestran un rendimiento es-

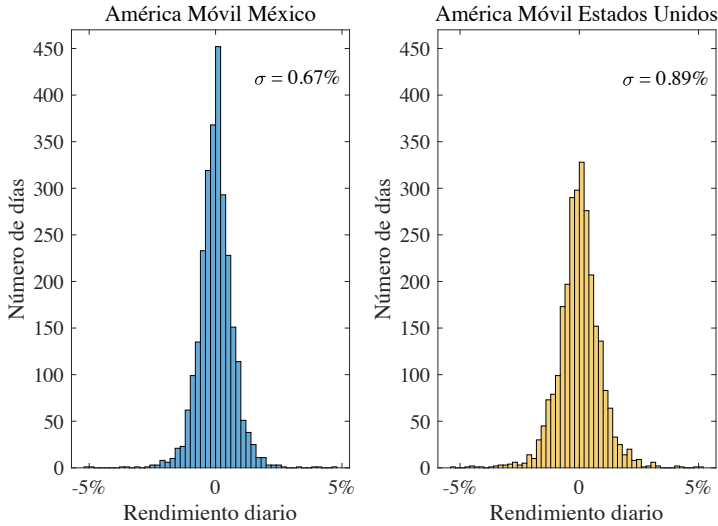


Figura 5: Histograma de rendimientos diarios para dos activos financieros (5 de enero de 2009 - 11 de octubre de 2019).

Fuente: *Yahoo Finance*.

perado, o medio, en el cero. Sin embargo las desviaciones estándar son diferentes. Mientras más amplio es el histograma, entonces la desviación estándar es mayor, y por ende, el riesgo es superior.

En una inspección más detallada, en la Figura 6 se pueden notar tres áreas con las opciones 1) más riesgosa, 2) menos riesgosa y 3) aquellas que no debería escoger un inversionista. Las opciones no eficientes se refieren a que existen otras opciones que tienen el mismo riesgo, pero contraen mayores rendimientos esperados. Es así que no sería óptimo para el inversionista escoger cualquiera de esas opciones. En el punto de mínimo riesgo o mínima desviación estándar, tenemos la elección del inversionista más precavido. Y cualquier otro punto en la dirección de B tenemos una carga en el portafolio mayor hacia ese activo financiero. El inversionista más arriesgado tomaría otra elección más hacia el punto B . El amante del riesgo sin duda escogería solo invertir en el activo B .

El problema de la minimización del riesgo se puede escribir formalmente de la siguiente manera. Consideremos que el portafolio puede contener cualquier combinación del activo A y B (ambos con riesgo).

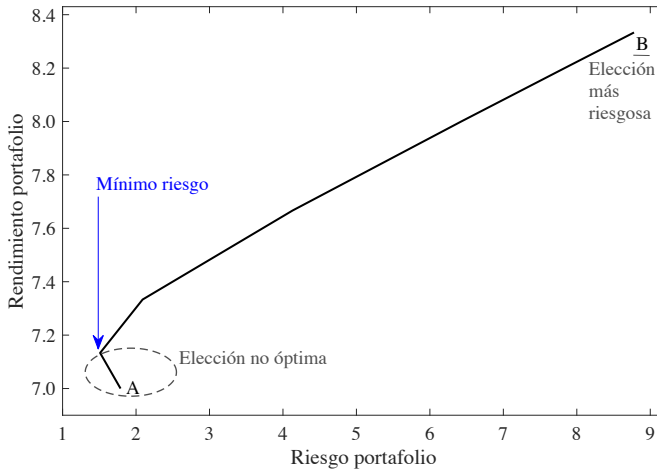


Figura 6: Rendimiento y riesgo de portafolio.

Entonces el objetivo principal de minimizar la varianza del portafolio se expresa así:

$$\min_{\omega_a, \omega_b} \sigma_p^2 = \omega_a \sigma_a^2 + \omega_b \sigma_b^2 + 2\omega_a \omega_b \sigma_{a,b} \quad (15)$$

sujeto a que la suma de las proporciones es igual al total invertido,

$$\omega_a + \omega_b = 1, \quad (16)$$

donde $\sigma_{a,b}$ es la covarianza entre los rendimientos del activo A y B. El problema de minimización se puede reducir a:

$$\min_{\omega_a} \sigma_p^2 = \omega_a \sigma_a^2 + (1 - \omega_a) \sigma_b^2 + 2\omega_a (1 - \omega_a) \sigma_{a,b}. \quad (17)$$

La cantidad óptima de inversión en el activo A, ω_a^* , es obtenida por medio de la condición necesaria de primer orden, y se reduce a:

$$\omega_a^* = \frac{\sigma_b^2 - \sigma_{a,b}}{\sigma_a^2 + \sigma_b^2 - 2\sigma_{a,b}}, \quad (18)$$

Utilizando la información de la Tabla 3 es posible encontrar la fracción óptima a invertir en el activo A , y por consiguiente en el activo B . También es posible tomar cualquier ejemplo real con datos históricos para calcular esa fracción óptima simplemente con la información de desviación estándar y covarianzas.

Para finalizar con esta sección, podemos ampliar la decisión de inversión a 3 activos con riesgo. Así, al menos de manera visual, podemos reconocer esas áreas descritas como la menos riesgosa, las no eficientes y las más riesgosas. Haciendo uso de la información en la Tabla 6, podemos calcular los rendimientos esperados de cada portafolio que incluya las diferentes proporciones a invertir en los tres activos, así como las desviaciones estándar correspondientes.

Tabla 6: Rendimientos de tres opciones de inversión

Año	R_a	R_b	R_c
2011	5 %	4 %	5 %
2012	3 %	10 %	1 %
2013	6 %	6 %	2 %
2014	10 %	6 %	5 %
2015	8 %	10 %	10 %
2016	5 %	25 %	15 %
2017	6 %	2 %	1 %
2018	7 %	1 %	18 %

La Figura 7 muestra los rendimientos y los riesgos asociados a cada portafolio. Cada punto representa una distribución distinta de los tres activos financieros. De nuevo, podemos ver el punto en la cual se puede minimizar el riesgo asociado a la inversión. El área en la cual se unen puntos con líneas representa lo que llamamos la *frontera eficiente de inversión*. Para los inversionistas no sería rentable invertir en un punto por debajo de esa línea.

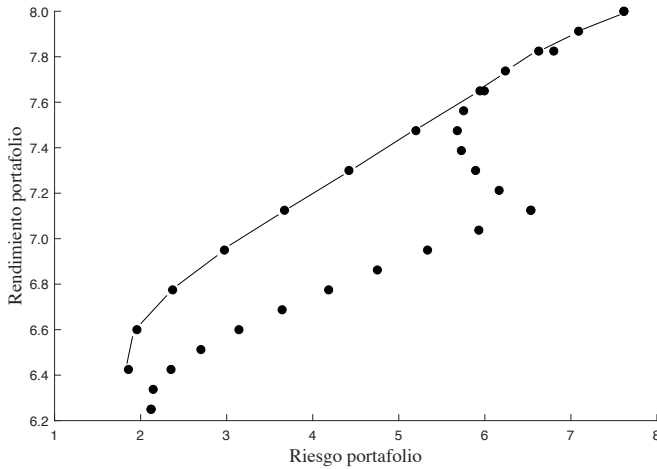


Figura 7: Portafolios con tres activos.

7. Conclusiones

En este capítulo hemos revisado los conceptos esenciales que nos ayudan a tomar decisiones financieras. Hicimos del rendimiento y el riesgo los pilares fundamentales para las decisiones de inversión. Además aprendimos el modelo de Markowitz, utilizado por especialistas financieros que encuentran en la diversificación la manera de maximizar el rendimiento y minimizar el riesgo al mismo tiempo.

Cierto es que nos enfocamos en decisiones básicas, así como los elementos principales de las finanzas, pero que son esenciales para sustentar cualquier estudio más avanzado.

En un próximo capítulo está planeado ahondar en ciertas áreas de las finanzas que son de uso cotidiano, como las finanzas corporativas o empresariales, así como en algo más especializado, como finanzas que se utilizan para el estudio de los mercados bursátiles.

8. Bibliografía

Se recomienda revisar la siguiente bibliografía básica. Incluye tanto libros como investigaciones de relevancia para un mejor entendimiento y ahondar en los temas de interés relacionados.

Brealey, R., Myers, S., Allen (2006). *Principios de finanzas corporativas*.

Ellingsen, T., Söderström, U. (2001). “Monetary policy and market interest rates”, *The American Economic Review*, 91(5), 1594–1607.

Gitman, L., Joehnk, M. (2009). *Fundamentos de inversiones*.

Kuttner, K. N., June (2001). “Monetary policy surprises and interest rates: Evidence from the Fed funds futures market”, *Journal of Monetary Economics*, 47(3), 523–544.

Markowitz, H., March (1952). “Portfolio Selection”, *Journal of Finance*, 7(1), 77–91.

Taylor, J. B., Fall (1995). “The Monetary Transmission Mechanism: An Empirical Framework”, *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 11–26.

Vidaurri Aguirre, H. M. (2016). *Matemáticas financieras*.

Economía internacional

Manuel Gómez Zaldívar

1 Introducción

Este capítulo sobre economía internacional abarca solo una parte de todos los temas que enseño en las clases de economía internacional que imparto en la División de Ciencias Económico Administrativas del Campus Guanajuato de la Universidad de Guanajuato. Trata sobre comercio internacional y está estructurado de la siguiente manera.

La primera parte presenta datos empíricos con distintos propósitos: i) evidenciar la creciente importancia del comercio internacional en el planeta a partir de la segunda mitad del siglo pasado; ii) detallar cuáles son los principales países en términos de su participación en el comercio global, y; iii) describir brevemente el comercio internacional de México en los últimos años.

La segunda parte presenta la parte teórica del comercio internacional. Específicamente, con un ejemplo numérico se resumen las ideas sobre el comercio internacional que el economista Inglés David Ricardo propuso en su libro de 1817 titulado *On the Principles of Political Economy and Taxation*. Los conceptos centrales, la ventaja comparativa y la especialización de su posición sobre el comercio ayudaron a cambiar la visión prevaleciente de la época (el mercantilismo)¹ sobre el comercio.

Para los mercantilistas, la acumulación de metales preciosos debía buscarse activamente, ya que representaba la riqueza de una nación, en

¹ El mercantilismo fue un conjunto de ideas económicas que tuvo como objetivo la constitución de un Estado-nación lo más poderoso posible en términos económicos. La intervención del Estado en la economía fue parte central de esta doctrina. Era fundamental proteger la producción local de la competencia extranjera (ya sea a través del subsidio a empresas, mediante la creación de monopolios o mediante la imposición de aranceles, etcétera) con el fin de evitar una economía con déficits comerciales. Se pretende, especialmente, la acumulación de metales preciosos por parte de la nación a través de saldos positivos en la balanza comercial con otras naciones.

tanto que para los pensadores clásicos del libre comercio, Adam Smith y David Ricardo, el beneficio de comerciar libremente se da por el incremento en la producción de los países que intercambian bienes. En consecuencia, y en contraposición con los mercantilistas, Smith y Ricardo defendían la libre circulación de bienes tanto al interior de las naciones como entre países, porque solo con la libertad del comercio los trabajadores del mundo encuentran benéfico especializarse en la producción de bienes en los que ellos son principalmente productivos, para después establecer un intercambio con otros y satisfacer sus necesidades. Para Smith y Ricardo esta era la forma más eficiente en la que una economía podía lograr un crecimiento económico.

Desde mediados del siglo pasado y hasta la fecha la mayoría de las economías del planeta favorecen el libre comercio, ya que es considerado como un importante impulsor de crecimiento económico, pues favorece la producción más eficiente de productos. El mejor ejemplo es China, un país que en teoría no es capitalista y que desde hace unas décadas cambió su sistema económico, lo que le ha servido para alcanzar unas tasas de crecimiento nunca antes experimentadas por la economía de un país y que se basa en su industria exportadora.

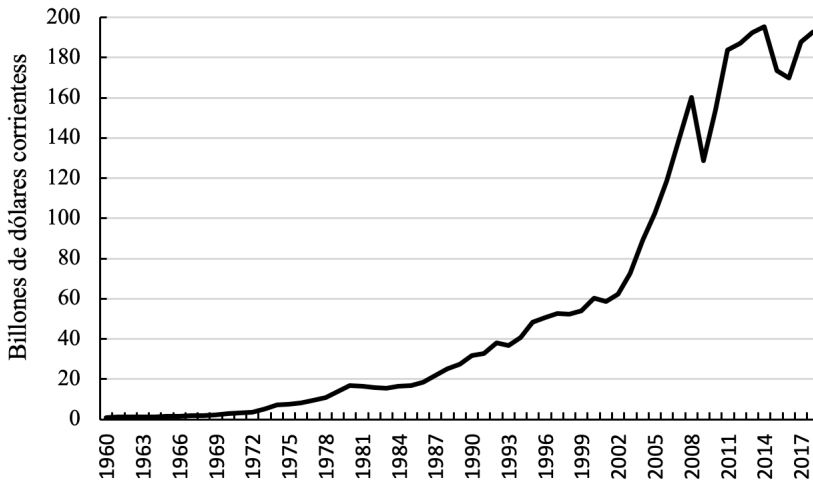
En contraste con la perspectiva de siglos anteriores, la visión vigente en favor del libre comercio surge gracias al trabajo de varios pensadores que contribuyeron de distintas maneras a destacar los beneficios que el libre comercio trae a las distintas economías que intercambian bienes. Este trabajo, en su segunda parte, solo discute uno de los modelos más básicos sobre el comercio que destaca por su sencillez, pero también porque resume claramente los beneficios que reciben los países.

Es importante señalar que aquí en ningún momento se mencionan los inconvenientes o perjuicios que el libre comercio causa que, de acuerdo con algunos economistas, son especialmente importantes para algunos sectores de la economía y sobre los que existe mucha literatura al respecto. Se espera que su contenido pueda ser tratado en versiones futuras de este libro.

2 El comercio internacional en datos

El comercio internacional se refiere al intercambio de bienes y servicios entre países. Implica la compra y venta de bienes y servicios en diferentes divisas y formas de pago y está sujeto a las regulaciones establecidas por los países participantes.

Gráfica 1. Evolución de las exportaciones mundiales de bienes y servicios, 1960-2018



Fuente: Banco Mundial.

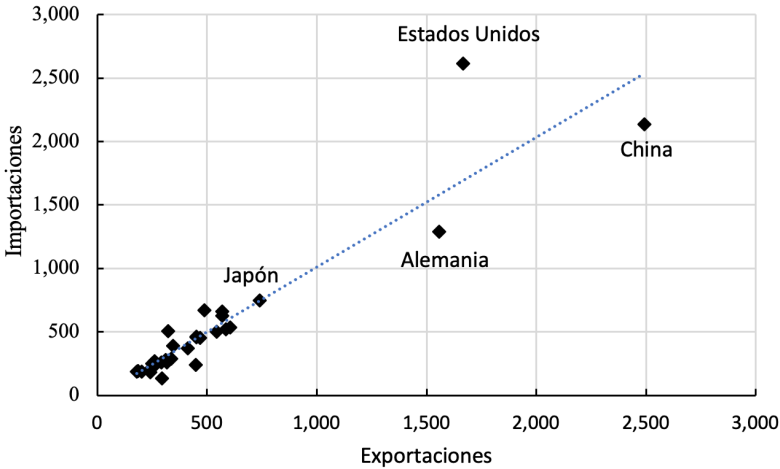
El intercambio entre los países del mundo creció de manera muy significativa a partir de la segunda mitad del siglo XX, en parte debido a la liberalización comercial, a la eliminación de barreras arancelarias y no arancelarias y a los adelantos tecnológicos que han abaratado el transporte de mercancías.

Actualmente el comercio internacional representa alrededor del 27% de la producción global. En los últimos 50 años, y hasta la crisis financiera de 2008, el comercio mundial creció a una tasa promedio 1.9 veces más rápido que el crecimiento de la producción mundial.

La Gráfica 1 muestra la evolución de las exportaciones mundiales en el periodo 1960-2018. Dado que el comercio mundial ha crecido exponencialmente, durante los primeros años de la muestra esta variable parece tomar valores de cero. En realidad los valores eran muy bajos: 1 billón de dólares en 1960. A partir de esa fecha las exportaciones crecieron continuamente hasta el año 2008, año en el cual se presentó una caída significativa.

Aunque a nivel mundial el comercio internacional va en aumento, los países tienen una participación heterogénea. La Gráfica 2 muestra a las 30 mayores economías en el comercio mundial durante el año 2018.

Gráfica 2. Principales economías en el comercio mundial de mercancías, 2018



Las cifras están en miles de millones de dólares americanos.

Fuente: www.intracen.org

En la gráfica 2 se aprecia una línea de 45 grados. Las economías que están por debajo de ella tuvieron un superávit comercial durante ese año específico; las economías que están por encima de la línea tuvieron un déficit comercial. Tres países destacan por su participación en el comercio mundial: China, Estados Unidos y Alemania. Los restantes 27 en orden descendente son: Francia, Hong Kong, Reino Unido, Corea, Holanda, Italia, Bélgica, México, Canadá, India, Singapur, España, Rusia, Taiwán, Suiza, Emiratos Árabes Unidos, Vietnam, Polonia, Tailandia, Australia, Malasia, Arabia Saudita, Brasil, República Checa, Austria e Indonesia.²

La importancia del comercio internacional en la economía mexicana se ha incrementado notablemente desde finales del siglo pasado. El inicio se da a partir de los años 80, con la apertura de la economía y la adopción del modelo de desarrollo orientado a la exportación, que ha llevado a que la producción mexicana se incorpore a las cadenas de producción global. En particular, los dos eventos que han motivado esta creciente trascendencia son: la entrada de nuestro país, en 1986, al Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles (GATT por su nombre en inglés) y el inicio del TLCAN con Estados Unidos y Canadá en 1994. A partir de en-

² En el apéndice 1 se muestra la lista completa con los números de todos los países.

tonces, nuestro país se ha convertido en una de las economías que más comercia con otros países. En el año 2017, el comercio con otros países representó un poco más del 60 % del Producto Interno Bruto nacional. En este mismo año, el valor total de las exportaciones mexicanas fue de 409 mil 501 millones de dólares y el valor total de sus importaciones fue de 420 mil 369 millones de dólares. En total, se exportaron 4,211 diferentes productos a 200 distintos países y se importaron 4,450 productos de 223 países.

En orden descendente, los principales países a los cuales nuestro país envió sus exportaciones en este año son: Estados Unidos (80 %), Canadá (2.8 %), Alemania (1.7 %), China (1.6 %) y España (1.1 %). Estas cifras muestran que el destino de las exportaciones de México está sumamente concentrado: un solo país representa el 80 % y los dos principales pertenecen a América del Norte. De manera análoga, en orden descendente, los principales socios comerciales en términos de importaciones en este año son: Estados Unidos (46.4 %), China (17.6 %), Japón (4.3 %), Alemania (3.9 %) y Corea del Sur (3.7 %). Aunque no tan concentradas como las exportaciones, es claro que las importaciones se concentran esencialmente en dos países. Las exportaciones del país por grupo de productos se muestran en la Tabla 1.³

Tabla 1. Exportaciones e importaciones de México por tipo de producto

Tipo de producto	Exportaciones	Importaciones
Materias primas	0.9 %	4.6 %
Bienes intermedios	9.1 %	18.8 %
Bienes de consumo	30.5 %	28.1 %
Bienes de capital	48.1 %	44.9 %

Las sumas pueden diferir del 100 % debido a un redondeo.

3 El modelo de David Ricardo

El modelo de Ricardo que desarrollaremos a continuación a través de un ejemplo numérico resume las principales ideas sobre el comercio internacional que él expone en su libro publicado en el siglo XIX. En este modelo el pensamiento central es el concepto de *ventaja comparativa* entre países. La idea básica de Ricardo es que si cada país identifica las

³ La fuente de los datos sobre las exportaciones e importaciones de México es el Banco Mundial.

actividades económicas en las cuales tiene ventaja comparativa, se especializa en esas actividades y deja de producir los bienes en los cuales no tiene ventaja. Después podría intercambiar los bienes que produce por los que no produce y de esta manera incrementar sus niveles de consumo, comparados con los niveles que puede alcanzar cuando intenta producir todos sus bienes por sí mismo.

3.1 Supuestos del modelo de Ricardo

El modelo de Ricardo, como cualquier modelo económico, parte de unos supuestos. Estos supuestos permiten entender de forma simplificada sus ideas. Los supuestos son los siguientes:

1. Solo hay dos países.
2. Cada país tiene dos sectores o produce solo dos bienes, que son idénticos en ambos.
3. Solo hay un factor productivo: el trabajo (es fijo en cada país).
4. El factor trabajo se mueve libremente de un sector a otro, pero no cambia de país.
5. La producción de ambos bienes tiene rendimientos constantes de escala.
6. Hay competencia perfecta.
7. La única diferencia entre ambos países es la tecnología.

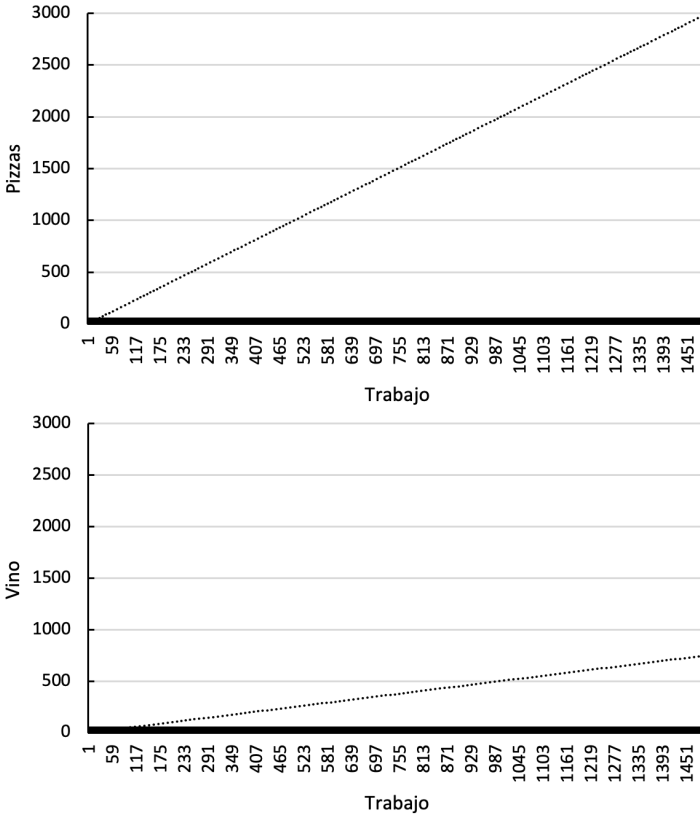
3.2 Funciones de producción y Fronteras de Posibilidades de Producción (FPP)

Empezaremos por definir unas funciones de producción de los dos únicos bienes hipotéticos que produce cada país de nuestro ejemplo: pizzas (P) y vino (V). Supondremos que dependen linealmente del trabajo.

País 1	País 2
$P = 2 \times L$	$P = L$
$V = \frac{1}{2} \times L$	$V = \frac{1}{3} \times L$

Estas funciones nos indican que el país 1 tiene más “tecnología” que el país 2 o que es más eficiente en la producción de los bienes. Para observar mejor esto, supondremos, sin pérdida de generalidad, que cada país tiene 1,500 horas de trabajo disponibles al día. Por lo tanto, las funciones de producción de cada país se muestran en las Gráficas 3 y 4.

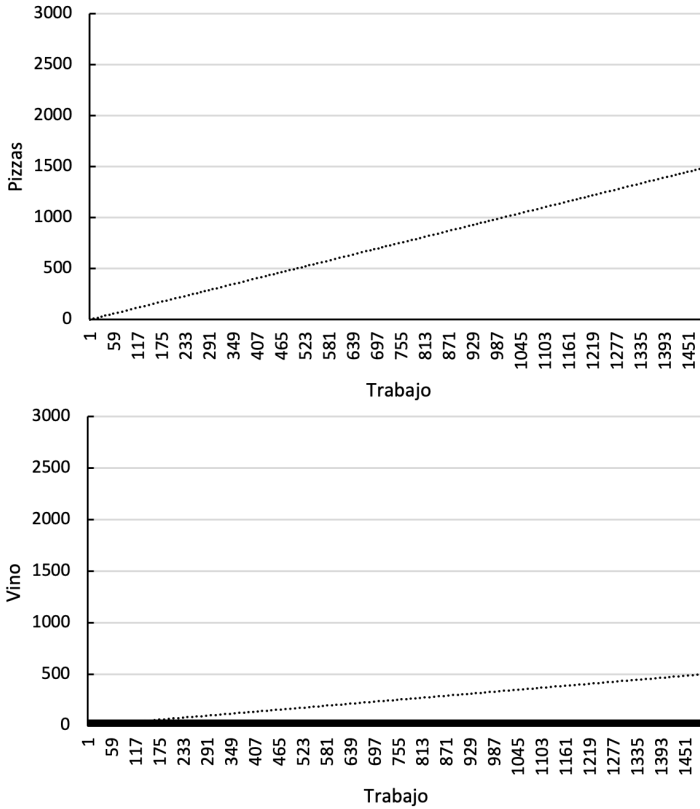
Gráfica 3. Funciones de producción en el país 1



Se puede observar que las funciones de producción de los dos países son líneas rectas cuya única diferencia son las pendientes, es decir, la tecnología disponible. El país 1 es más eficiente en la producción de cada bien, es decir, puede producir más, aun y cuando ambos tienen la misma cantidad de insumo disponible (trabajo).

Dadas estas funciones de producción, graficaremos las Fronteras de Posibilidades de Producción (FPP) en cada uno de los países (ver Gráficas 5 y 6). Una FPP refleja las cantidades máximas de bienes que un país es capaz de producir en un determinado periodo, a partir de unos factores de producción y unos conocimientos tecnológicos dados. Todos los puntos sobre la línea de la FPP indican combinaciones de producción en

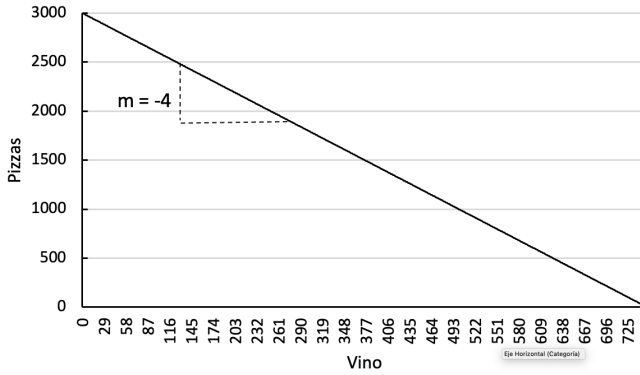
Gráfica 4. Funciones de producción en el país 2



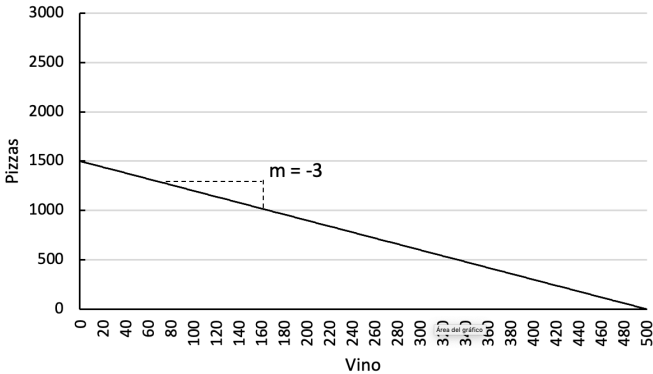
las cuales el país utiliza todos los recursos disponibles. Los puntos por debajo de la FPP indican combinaciones de producción en las cuales no se están empleando todos los recursos disponibles y los puntos por encima de la FPP indican combinaciones de bienes que es imposible producir dados los recursos y las tecnologías disponibles en el país.

La Gráfica 5 refleja las combinaciones posibles (vino, pizza) de producción del país 1, cualquier combinación sobre la línea o debajo de ella es posible. También muestra la pendiente de la FPP, en este caso es -4. La pendiente de la FPP refleja el costo de oportunidad en este país, es decir, la cantidad de pizzas que el país debe dejar de producir cuando decide producir una unidad más de vino. En este modelo simple, el costo

Gráfica 5. FPP del país 1



Gráfica 6. FPP del país 2



de oportunidad de un bien siempre está expresado en unidades del otro bien.

De manera análoga, la Gráfica 6 muestra la FPP del país 2. La principal diferencia es que el costo de oportunidad en este país es de -3. Cuando aquí se quiere incrementar la producción de vino en una unidad se tiene que dejar de producir 3 pizzas.

3.3 Costos de oportunidad, ventaja absoluta y ventaja comparativa

Para explicar los conceptos de *ventaja absoluta* y *ventaja comparativa* resumiremos la información de las funciones de producción de los dos países y los dos bienes en el siguiente cuadro. Los números en la tabla indican el número de horas que se necesitan en cada país para poder hacer una unidad de pizza o de vino. Los números en la tabla y las funciones de producción anteriormente mostradas reflejan exactamente la misma información.

	País 1	País 2
Pizza	5	1
Vino	2	3

Un país tiene *ventaja absoluta* en la producción de un bien con respecto al otro país si puede producir un bien utilizando menos insumos (trabajo). Es claro, por la información en la tabla, que el país 1 tiene ventaja absoluta en la producción de pizzas, ya que solo le toma media hora producir una pizza. En cambio al país 2 le toma una hora completa producir la misma cantidad. De la misma manera, el país 1 también tiene ventaja absoluta en la producción de vino, pues solo le toma 2 horas producir una unidad, menos que el número de horas que le toma al país 2, que son 3 horas.

Un país tiene *ventaja comparativa* o relativa de producir un bien si tiene un menor costo de oportunidad que el otro país. En este ejemplo, el costo de oportunidad de producir una unidad adicional de pizza es de un cuarto de hora en el país 1, dado que producir una pizza toma media hora. Cuando este país decide incrementar su producción de pizza en una unidad y está produciendo sobre su FPP, necesariamente debe disminuir la producción de vino en alguna cantidad positiva. Dado que en el mismo país se necesitan 2 horas para producir un vino, dedicar media hora adicional para producir una pizza más reduciría la producción de vino en un cuarto de hora. De manera similar, el costo de oportunidad de producir una pizza adicional en el país 2 cuando el país está sobre su FPP es de un tercio de vino.

Como el costo de oportunidad de producir una pizza más en el país 1 es menor que el de producir una pizza más en el país 2, decimos que el país 1 tiene ventaja comparativa en la producción de pizza. Ahora, analicemos la ventaja comparativa en la producción de vino. ¿Cuál es el

costo de oportunidad de producir una unidad adicional de vino en el país 1? Ya que el vino requiere de 2 horas para producir una unidad más, su costo de oportunidad es de 4 pizzas. ¿Cuál es el costo de oportunidad de producir una unidad adicional de vino en el país 2? Dado que se necesitan 3 horas para producir una unidad adicional de vino en el país 2, el costo de oportunidad de producir vino es de 3 pizzas. Como el costo de oportunidad de producir vino es menor en el país 2 que en el país 1, decimos que el país 2 tiene ventaja relativa en la producción de vino.

En este ejemplo imaginario de comercio internacional los países pueden tener ventaja absoluta en la producción de los dos bienes, es decir, les puede tomar menos horas producir cada bien comparado con el número de horas que le toma al otro país. Sin embargo, es imposible tener ventaja comparativa en la producción de los dos bienes. En este caso, si un país tiene ventaja comparativa en la producción de un bien, necesariamente el otro país tendrá la ventaja comparativa en la producción del otro bien.

Para entender esto hay que recordar que la ventaja absoluta se calcula comparando el número de horas que toma producir un bien en un país con el número de horas que toma producir el mismo bien en el otro país. En cambio, la ventaja comparativa, se calcula comparando los costos de oportunidad de cada uno de los bienes.

3.4 Términos de intercambio nacionales

Los costos de oportunidad de cada uno de los bienes también nos indican los que llamaremos *términos de intercambio nacionales* o los términos de intercambio en cada uno de los países. Cada país tiene su propia manera de intercambiar los dos bienes. Cuando no es posible comerciar, cada país tiene sus propios términos de intercambio; con comercio, en cambio, solo habrá uno.

Cuando no existe comercio con otras naciones, cada país necesariamente tiene que producir los dos bienes si es que tienen personas que quieren consumirlos. Los términos de intercambio nacionales son la manera que los habitantes de cada país intercambian los dos productos. Comencemos con el país 1. Si una persona en este país tiene una pizza que no quiere consumir y que quiere intercambiar porque desea vino, ¿cuántas unidades de vino va a recibir por la pizza que desea intercambiar? Dado que el modelo asume que hay una competencia perfecta, la persona va a recibir por su pizza exactamente su valor en términos de vino, pero ¿cuál es exactamente su valor?

En este modelo el valor que tienen las cosas viene dado por la cantidad de trabajo que fue necesario emplear para producirlas. Dado que para producir una pizza en el país 1 se necesita media hora, una pizza equivale a un cuarto de vino, porque para producir un cuarto de vino también se necesita una hora. De manera análoga, ¿cuántas pizzas recibiría una persona que quiere intercambiar una unidad de vino? Ya que producir una unidad de vino requiere 2 horas y una pizza media hora, un vino es equivalente a 4 pizzas. Los términos de intercambio en el país 1 se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2. Términos de intercambio en el país 1

1 pizza se intercambia por $\frac{1}{4}$ de vino
1 vino se intercambia por 4 pizzas

El país 2 tiene sus propios términos de intercambio, ya que sus funciones de producción son diferentes a las del país 1 y, por lo tanto, sus costos de oportunidad también son diferentes. ¿Por cuánto se intercambia una pizza en el país 2? Ya que una pizza toma una hora ser producida y un vino toma 3 horas, una pizza se intercambia por un tercio de vino. Esto significa que una botella de vino es equivalente a 3 pizzas. Los términos de intercambio en el país 2 se resumen en la siguiente tabla.

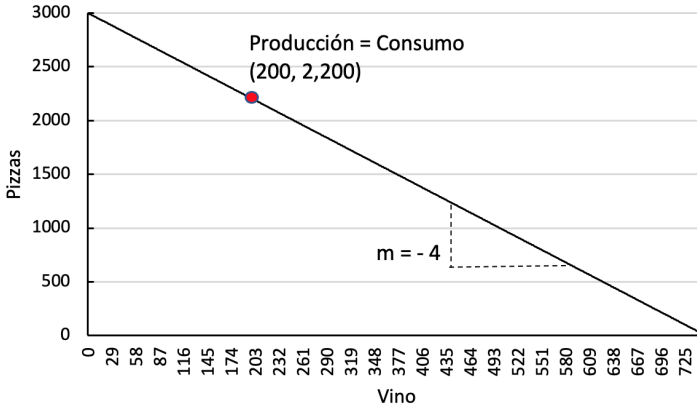
Tabla 3. Términos de intercambio en el país 2

1 pizza se intercambia por $\frac{1}{3}$ de vino
1 vino se intercambia por 3 pizzas

Como resultado de la comparación de estos términos de intercambio vemos que la pizza es más barata en el país 1, ya que por 1 botella de vino te dan 4 pizzas, mientras que en el país 2 solo te dan 3 pizzas. En cambio, el vino es más barato en el país 2, ya que para obtener un tercio de vino solo requieres una pizza, mientras que en el país 1 por una pizza solamente obtienes un cuarto de vino. Las diferencias en costos relativos de los bienes en los países son resultado de las diferencias en tecnologías.

La teoría de Ricardo es que los países pueden incrementar la producción de bienes, y por lo tanto sus niveles de consumo, si se especializan en la producción de los bienes en los cuales tienen ventaja comparativa. Esto implica dejar de producir aquellos bienes en los que no tienen ventaja comparativa para que sean producidos por el país que sí la tiene. Después de la especialización, los países pueden intercambiar unos

Gráfica 7. País 1 antes del comercio



bienes por otros a mejores precios que en la situación sin comercio, ya que ahora los bienes están siendo producidos por los países que son más eficientes en su producción, es decir, a los precios más bajos.

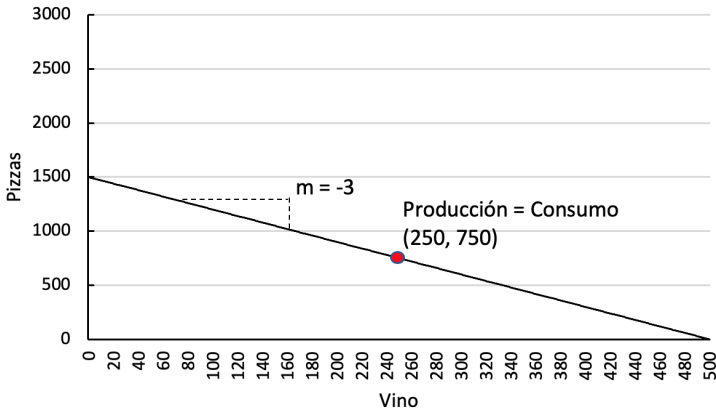
Para entender esta teoría es necesario asumir una situación en cada país antes del comercio y compararla con la situación cuando los países se especializan y comercian. Se podrá observar que simplemente por especializarse en el bien en el que se tiene ventaja comparativa es posible producir más, y, por lo tanto, consumir más, lo que implica mejorar con solo el hecho de especializarse en la producción de ciertos bienes.

3.5 Situación antes del comercio

La gráfica 7 que nos muestra la FPP del país 1 también muestra un punto de producción del país 1 (sin pérdida de generalidad, ya que el ejemplo podría funcionar con cualquier otro punto) cuando no puede comerciar con el país 2.

Suponemos que antes del comercio, el país 1 produce 200 vinos y 2,200 pizzas. Dado que no comercia con el país 2, consumirá esa misma cantidad de bienes. Su producción representa un punto eficiente, ya que se encuentra sobre la FPP. Es importante recordar que, sin comercio, esta cantidad de producción es exactamente igual a las cantidades de consumo totales de la población, ya que no le es posible intercambiar bienes con otra economía.

Gráfica 8. País 2 antes del comercio



De manera análoga, la gráfica 8 muestra una situación hipotética en el país 2 antes del comercio. Suponemos que el país produce la cantidad de 250 vinos y 750 pizzas.

La siguiente tabla resume la cantidad de producción total cuando los países no comercian, es decir, están en autarquía.

Tabla 4. Producción Mundial de los bienes, sin comercio

	Pizzas	Vinos
País 1	2,200	200
País 2	750	250
Producción total antes del comercio	2,950	450

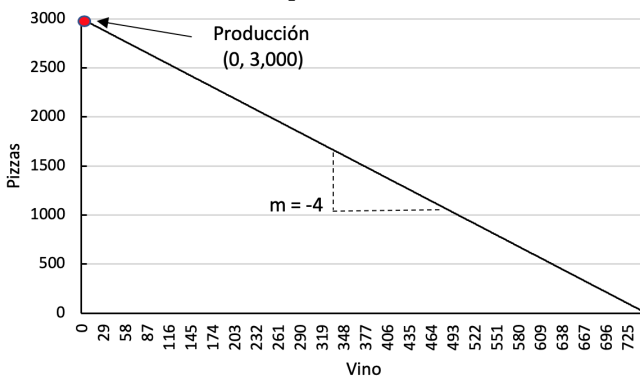
La producción conjunta, y, por lo tanto, el consumo máximo de los países cuando no comercian es de 2,950 pizzas y de 450 vinos.

3.6 Situación cuando hay comercio

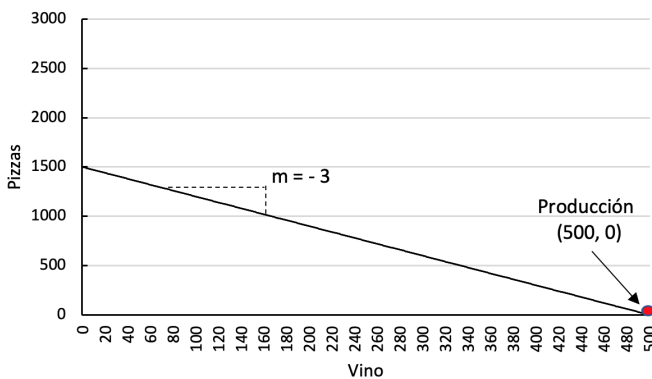
Pensemos que ahora los países pueden comerciar si así lo desean, por lo tanto ya no tendrán que producir los dos bienes necesariamente. Aunque se especialicen en la producción de alguno de ellos, siempre tendrán la posibilidad de intercambiar con el otro país el bien que producen por el bien que no producen. ¿Es posible que esta situación sea preferible a la situación sin comercio, es decir, a la situación explicada en la sección anterior, cuando los dos países tenían que producir ambos bienes?

Siguiendo el razonamiento de Ricardo, pensemos que el país 1 se especializa en la producción de pizzas. ¿Por qué en pizzas? Porque es el bien en el que tiene ventaja comparativa, el bien donde su costo de oportunidad es menor. De manera similar, pensemos que el país 2 se especializa en vino. ¿Por qué en vino? De la misma manera, porque es el bien en el que tiene ventaja comparativa y donde su costo de oportunidad es menor. ¿Qué pasa cuando cada uno de los países se especializa en el bien en el cual tiene ventaja comparativa? Las Gráficas 9 y 10 muestran los puntos de producción de los países 1 y 2, respectivamente.

Gráfica 9. País 1, especialización con comercio



Gráfica 10. País 2, especialización con comercio



La tabla 5 muestra los cálculos de la producción conjunta de bienes de los dos países cuando se especializan y pueden comerciar.

Tabla 5. Producción Mundial de los bienes, con especialización y comercio

	Pizzas	Vinos
País 1	3,000	0
País 2	0	500
Producción total antes del comercio	3,000	500

Comparando los resultados mostrados en la Tabla 4 con los resultados de la Tabla 5, podemos observar que cuando los países se especializan en la producción del bien en el cual tienen ventaja comparativa la producción total se incrementa. La producción total de pizzas se incrementó en 50 y la de vinos en 50.

¿Por qué se incrementa? Existe un aumento en la producción porque ahora los bienes están siendo producidos por los países que son relativamente más eficientes en su producción. Esto quiere decir que cuando un país trata de producir todos los bienes está actuando un poco ineficiente por no dedicarle más tiempo a la producción de aquellos bienes en los que es relativamente mejor y no maximiza la producción total.

3.7 Término de intercambio internacional

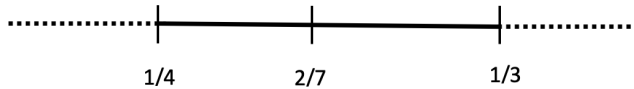
Para terminar de mostrar que la situación con especialización y comercio es preferible para ambos países que la situación en la cual ambos tienen que producir sus propios dos bienes, tenemos que identificar el término de intercambio con el cual los países van a comerciar pizzas por vino. Tenemos que tomar en cuenta que este intercambio entre países se llevará a cabo solamente si es mutuamente beneficioso para ambos. Esto quiere decir que el intercambio se debe llevar a cabo en mejores términos que con los que un país comerciaba al interior cuando no era posible el comercio (ver tablas 2 y 3).

Cuando es posible el comercio, el país 1 se especializa en pizzas y el país 2 en vino porque son los bienes en los cuales tienen ventaja comparativa respectivamente. Dado que el país 1 no produce vino y el país 2 no produce pizzas, encuentran mutuamente beneficioso intercambiar pizzas por vino para poder consumir de los dos bienes.

De acuerdo con la tabla 2, cuando el país 1 producía los dos bienes, los habitantes intercambiaban 1 pizza por un cuarto de vino. Por lo tanto, si

el país 2 puede mejorar este término de intercambio, es decir, ofrecerle una mayor cantidad de vino por cada pizza al país 1, el país 1 encontrará beneficioso especializarse en pizzas y después comerciarlas por vino con el país 2. ¿Puede ofrecer el país 2 más de un cuarto de vino por cada pizza? Es posible, porque de acuerdo con la tabla 3, en el país 2 las personas pagaban hasta un tercio de vino por cada pizza. Por lo tanto, es posible que el país 2 le ofrezca al país 1, por cada pizza, dos séptimos de vino. Este es un intercambio que favorece al país 1, ya que siete veinticuatroavos es un número mayor que un cuarto. La cantidad de dos séptimos es solo uno de los múltiples términos que el país 2 puede ofrecer al país 1. La gráfica 11 explica todas las posibles ofertas que son posibles.

Gráfica 11. Posibles valores de intercambio por una pizza



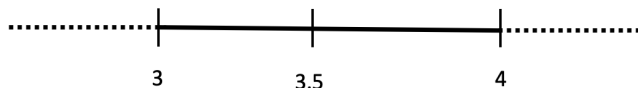
La gráfica 11 muestra todos los valores posibles que el país 2 puede ofrecer al país 1. Estos valores son los que pertenecen a la línea negra sólida. Los valores en la línea negra punteada no son posibles términos de intercambio. La explicación es la siguiente: lo mínimo que el país 1 requiere recibir a cambio de una pizza es un cuarto de vino; cualquier valor menor será rechazado, ya que de otra forma el país 1 encuentra más favorable producir ambos bienes. Por supuesto, si el país 2 le ofrece más de un cuarto de vino a cambio de una pizza, esta oferta será inmediatamente aceptada por el país 1. El país 2 puede ofrecer más de un cuarto de vino a cambio de una pizza, ya que ellos estaban acostumbrados a pagar hasta un tercio de vino por una. En contraparte, es difícil que el país 2 pague más de un tercio de vino por cada pizza.

Por lo tanto, cualquier valor entre un cuarto y un tercio constituye un posible término de intercambio. En cualquiera de estas posibilidades, ambos países saldrían beneficiados. Supondremos que este número es exactamente dos séptimos de vino por cada pizza.

De manera análoga, el país 2, que solo produce vinos, tiene la necesidad de intercambiarlos por las pizzas que produce el país 1. ¿Puede ofrecerle el país 1 más de 3 pizzas por cada vino? Es posible, porque de acuerdo con la Tabla 2, en el país 1 las personas pagaban 4 pizzas por cada vino. Por lo tanto, es posible que el país 1 le ofrezca al país 2 por cada vino más

de 3 pizzas. Este es un intercambio que favorecería al país 2. La gráfica 12 explica todas las posibles ofertas que son posibles.

Gráfica 12. Posibles valores de intercambio por un vino



La gráfica 12 muestra todos los valores posibles que el país 1 puede ofrecer al país 2. Estos valores son los que pertenecen a la línea negra sólida. Los valores en la línea negra punteada no son probables términos de intercambio. La explicación es la siguiente: lo mínimo que el país 2 requiere recibir a cambio de un vino es 3 pizzas, porque esa es la cantidad exacta de su costo de oportunidad. Cualquier valor menor a 3 será rechazado ya que de otra forma encuentra más favorable producir ambos bienes. Claro, si el país 1 le ofrece más de 3 pizzas a cambio de un vino, esta oferta será inmediatamente aceptada por el país 2. El país 1 puede ofrecer más de 3 pizzas a cambio de un vino, ya que ellos estaban acostumbrados a pagar 4 pizzas por cada vino (ver tabla 2). Sin embargo, es difícil que el país 1 pague más de 4 pizzas por cada vino.

Por lo tanto, cualquier valor entre 3 y 4 constituye un posible término de intercambio. En cualquiera de estos posibles términos ambos países saldrían beneficiados. Supondremos que este número es exactamente 3.5 pizzas por cada vino.

Estos argumentos demuestran que existe un continuo de términos de intercambio que es conveniente para los países, y al cual pueden comerciar cuando deciden especializarse.

3.8 Un mayor consumo con comercio que sin comercio

Finalmente, para terminar de demostrar que la situación con comercio es preferible por los dos países a la situación sin comercio, mostraremos que cuando los países se especializan y después intercambian, usando los términos de intercambio que en el apartado anterior mostramos que los países aceptaban, los países pueden incrementar el consumo de los bienes por el simple hecho que ahora se reparten la producción de una manera más eficiente.

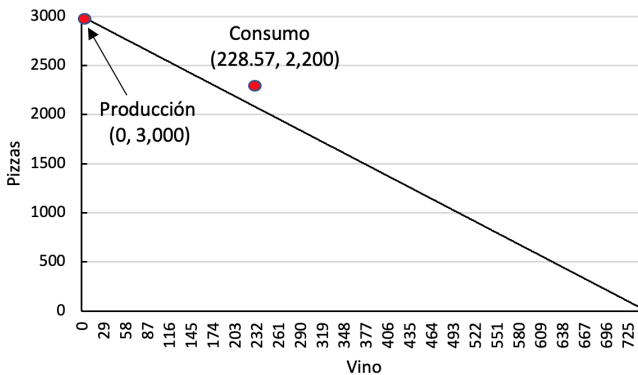
Comencemos con el país 1. Como se mostró en la gráfica 9, cuando este país se especializa produce 3,000 pizzas y cero vinos. Por lo tanto, es necesario intercambiar vinos con el país 2. El país 2 tiene una situación análoga (ver la gráfica 10): cuando se especializa produce 500 vinos y

cero pizzas, por lo que se ve en la necesidad de comerciar con el país 1. Si los países comercian usando los términos descritos en el apartado 2.6, específicamente 1 vino por 3.5 pizzas, es posible alcanzar un mayor consumo de bienes, que en la situación antes del comercio. Las gráficas 13 y 14 muestran esta situación.

Dado que el país 1 está produciendo 3,000 pizzas y cero vinos, puede vender algunas pizzas a cambio de vinos. Imaginemos que el país 1 y 2 acuerdan comerciar 800 pizzas, el intercambio se lleva a cabo al precio de 1 vino por 3.5 pizzas. Con este término, el país 1 recibe 228.57 vinos y a cambio debe de entregar 800 pizzas. El consumo final del país 1 sería 2,200 pizzas y 228.57 vino.

Lo más importante es entender que ahora el punto de consumo está fuera de su FPP, un punto que sin comercio era imposible de alcanzar. Por lo tanto, el bienestar de este país por incrementar su consumo debería ser superior en la situación con comercio, comparado con la situación sin comercio. Con comercio, el punto de producción y de consumo son diferente, y se muestran en la gráfica 13.

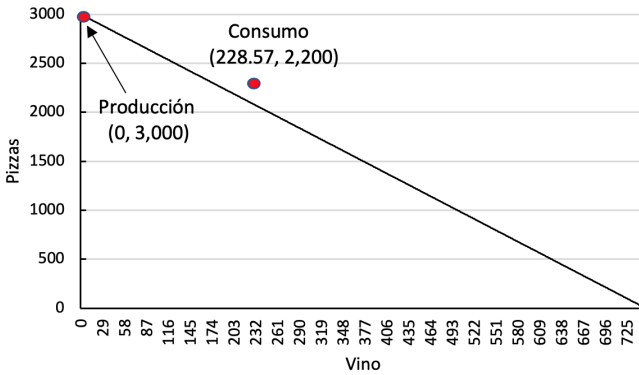
Gráfica 13. Consumo con especialización y comercio, país 1



Ocurre de manera similar con el país 2 cuando se especializa y produce cero pizzas y 500 vinos, los cuales utiliza para intercambiarlos por pizzas con el país 1. Dado que supusimos que los dos países acordaron intercambiar 800 pizzas; el país 2 recibirá ese número de pizzas y a cambio entregará 228.57 vinos. El consumo final del país 2 sería 800 pizzas y 271.43 vinos.

Sucede lo mismo que con el país 1. Después de comerciar, el país 2 alcanza una cesta de consumo que está afuera de su FPP. Esto significa

Gráfica 14. Consumo con especialización y comercio, país 2



que el comercio también mejora la situación de este país en términos de consumo.

4 Comentarios finales

En este capítulo se presentan datos sobre comercio internacional en el mundo para ilustrar su creciente importancia desde mitad del siglo pasado. Esta misma relevancia la ha tenido en la económica mexicana, que desde las reformas iniciadas en la década de los años ochenta del siglo pasado se ha convertido en uno de los países que más participa en el comercio global.

Este cambio de visión sobre el comercio se fundamentó con los trabajos de diversos economistas que ayudaron a cambiar la visión mercantilista, enfoque que dominaba anteriormente. Entre el cúmulo de trabajos que destacan los beneficios del comercio está el trabajo de David Ricardo, presentado en la segunda parte del capítulo. Sus conceptos de costos de oportunidad, ventaja absoluta y ventaja relativa ayudan a entender fácilmente que la especialización de las economías conduce, entre otras cosas, a un incremento en la producción bienes (crecimiento económico).

El ejemplo práctico que aquí se desarrolló permite observar los beneficios que conlleva comerciar, aunque uno de los países sea inferior, tecnológicamente hablando. El país 1, que es superior al 2 porque le toma menos horas producir cualquiera de los dos bienes, es beneficiado si se le permite comerciar. Generalmente se piensa que el comercio es bene-

ficioso si se comercia con economías que al menos sean superiores, en tecnología, en al menos algunos de los productos que se van a comerciar.

Sin embargo, aquí se muestra que eso no necesariamente es el caso. Como se mencionó en la introducción, existe literatura que argumenta que el comercio también ocasiona múltiples desventajas a los países, es decir, no todo es beneficio para los participantes. Aunque en esta entrega no ahondaremos en ese tema, es necesario subrayarlo porque en algunos casos esas desventajas pueden llegar a ser bastante significativas.

5 Referencias

Krugman, P. y Maurice Obstfeld. *Economía internacional: teoría y práctica*, Pearson.

<https://www.bancomundial.org>

<http://www.intracen.org>

6 Apéndice 1

A1. Principales países exportadores en 2018

País	Exportaciones	Importaciones
Australia	254	227
Austria	185	193
Bélgica	467	450
Brasil	240	181
Canadá	451	460
China	2,494	2,135
República Checa	202	184
Francia	568	659
Alemania	1,557	1,287
Hong Kong	569	627
India	323	508
Indonesia	180	189
Italia	543	499
Japón	738	748
Corea	605	535
Malasia	247	217
México	451	464
Holanda	586	521
Polonia	262	268
Rusia	449	238
Arabia Saudita	295	135
Singapur	412	370
España	345	388
Suiza	311	279
Taiwán	336	286
Tailandia	250	251
Emiratos Árabes	317	262
Reino Unido	487	670
Estados Unidos	1,666	2,612
Vietnam	290	258

Las cifras están en miles de millones de dólares americanos.

Fuente: www.intracen.org

La heterogeneidad del mercado de trabajo en México, América Latina y el Caribe

Coralia Quintero Rojas

1 Introducción

En términos simples, el mercado de trabajo es el espacio abstracto donde los trabajadores de una economía ofertan su mano de obra y capacidades (oferta de trabajo) y, por otra parte, las empresas colocan sus necesidades laborales, demandando mano de obra para cubrir sus vacantes (demanda de trabajo). El precio que regula este mercado es el salario.

Cuando para un salario dado la oferta de trabajo es igual a su demanda se dice que el mercado de trabajo está en equilibrio. Su importancia para la sociedad es muy grande, pues su mal funcionamiento puede afectar tanto al desempeño económico como a la cohesión social de un país. Esto se debe a que cuando una economía no utiliza óptimamente sus recursos escasos, no produce eficientemente.

En el caso del mercado de trabajo, el recurso económico escaso son los trabajadores y su subutilización o desaprovechamiento respecto del óptimo puede tomar varias formas, siendo la más conocida el desempleo. Sin embargo, existen otros indicadores y dimensiones relevantes para evaluar el desempeño del mercado laboral, tales como la participación, el empleo, la vulnerabilidad del empleo o la discriminación de género. En este trabajo se abordan dichos conceptos y se ilustra su pertinencia para analizar el desempeño del mercado laboral de México y de la región de América Latina y el Caribe durante 2018 y las dos décadas precedentes.

El resto del capítulo se organiza como sigue. En la sección 2 se definen los diversos indicadores y se discute su impacto económico y social. En

la sección 3 se presentan los datos y se hace un análisis comparativo de México y la región de América Latina y el Caribe. En la sección 4 se discuten los resultados y se presentan las conclusiones.

2 Indicadores de desempeño del mercado de trabajo

A continuación se definen, de acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT) los diversos indicadores y conceptos relevantes para el análisis del presente trabajo. Asimismo, se discute en cada caso su impacto económico y social.

2.1 El desempleo

De acuerdo con la OIT, el desempleo se refiere a todas aquellas personas en edad de trabajar que durante un período específico reciente no estuvieron ocupadas, pero llevaron a cabo actividades de búsqueda de un puesto de trabajo y actualmente están disponibles para ocupar uno en caso de que existiera la oportunidad de hacerlo. El indicador más común es la tasa de desempleo que mide el número de desocupados como porcentaje de la fuerza de trabajo.

El desempleo tiene lugar cuando la demanda de trabajo es inferior a la oferta; es decir, cuando en el mercado hay más trabajadores en busca de un puesto de trabajo que vacantes ofrecidas. Sus costos económicos y sociales son importantes; en el ámbito económico, se tiene una pérdida de producción potencial, pues los trabajadores desempleados no están contribuyendo en la elaboración de bienes y servicios; en el ámbito social, los efectos negativos se desprenden principalmente de los cambios en la distribución del ingreso. Esto deteriora no solamente la calidad de vida de los trabajadores que no cuentan con un ingreso laboral, sino de la sociedad en general, pues la calidad de vida de un país depende de su capacidad para producir bienes y servicios¹

¹ Véase, por ejemplo, el capítulo 1, *Los diez principios de la economía*, de G. Mankiw (2016).

2.2 El empleo

El empleo u ocupación se refiere a todas aquellas personas en edad de trabajar que, durante un período de referencia corto, se dedicaron a alguna actividad para producir bienes o prestar servicios a cambio de remuneración o beneficios. La tasa de empleo o “relación empleo-población” equivale a la cantidad de personas con empleo como porcentaje del total de la población en edad de trabajar. Al ser uno de los factores de producción, el empleo es una de las fuentes de crecimiento, ya que si una economía puede emplear más trabajo en actividades productivas, su producción será mayor y generará más ingresos.

Sin embargo, existen dos tipos de empleo, el formal y el informal. El empleo formal incluye a los trabajadores que tienen una relación laboral reconocida y que hacen cumplir sus derechos laborales. A la inversa, el empleo informal incluye todo trabajo remunerado (por ejemplo, tanto autoempleo como empleo asalariado) que no está registrado, regulado o protegido por marcos legales o normativos, así como también el trabajo no remunerado llevado a cabo en una empresa generadora de ingresos. Los trabajadores informales no se benefician de contratos de empleo seguros, prestaciones laborales, protección social o representación laboral.

En muchos países, el sector informal representa una parte significativa de la economía y del mercado laboral y desempeña un papel importante en la producción, la creación de empleo y la generación de ingresos. Sin embargo, las unidades económicas pertenecientes a este sector operan incumpliendo la normativa fiscal, laboral y de seguridad social. Así, la informalidad aumenta el riesgo de vulnerabilidad y precariedad de los trabajadores, dado su impacto adverso en la adecuación de los ingresos, la seguridad y salud ocupacional y en las condiciones de trabajo en general.

Dentro de las categorías de empleo, existen dos consideradas como empleo vulnerable, pues los trabajadores en esas categorías son más propensos de estar en el empleo informal (ILO, 2018). Nos referimos a los trabajadores por cuenta propia y a los trabajadores familiares auxiliares. Los trabajadores por cuenta propia son quienes solos, o con uno o más socios, se procuran a sí mismos empleo (autoempleo) y durante el período de referencia no tuvieron a nadie que trabajara para ellos de forma continua. Los trabajadores familiares auxiliares son aquellos que trabajan por cuenta propia en un establecimiento operado por un familiar que viva en el mismo hogar, pero con un grado de involucramiento en la operación del negocio muy limitado como para ser considerado socio.

En otras palabras, esta categoría de empleo es aún más vulnerable que el autoempleo.

2.3 La fuerza de trabajo y la inactividad

Los empleados y los desempleados forman la población económicamente activa (PEA) o fuerza laboral de un país, mientras que la población inactiva está formada por todos aquellos que estando en edad de trabajar no pertenecen a la PEA. Es decir, quienes pese a no tener trabajo no buscan uno ni están disponibles para trabajar.

La población inactiva es muy amplia y diversa; algunas de las categorías que la componen son los estudiantes, pues no están disponibles para trabajar; las amas de casa, pues producen para el hogar y no para el mercado; los jubilados, pues ya cuentan con un ingreso o pensión, por lo que en general no buscan trabajo; las personas de edad avanzada; los individuos recluidos y los llamados *ninis*, es decir, todos aquellos jóvenes que ni estudian ni trabajan. En general, la inactividad supone un mayor costo social y económico que el desempleo, pues la principal diferencia entre un desempleado y un inactivo es que ninguno de los dos tiene trabajo, pero el inactivo no busca empleo ya sea porque no quiere o porque no puede trabajar.

2.4 La brecha de género y la precariedad laboral de los jóvenes

Una característica sobresaliente del mercado de trabajo de muchos países, incluido México, es su heterogeneidad. Por esa razón, además de existir diferencias notorias en la situación laboral de la población en edad de trabajar y en las diversas categorías de empleo, dentro cada una se distinguen también grupos con marcadas diferencias de desempeño en el mercado laboral. Por ejemplo, existe la brecha de género, que evidencia el contraste en la situación laboral de hombres y mujeres.

Un factor que explica la brecha de género es la *discriminación contra la mujer*, la cual se refiere a “toda distinción, exclusión o restricción basada en el sexo que tenga por objeto o resultado menoscabar o anular el reconocimiento, goce o ejercicio por la mujer, independientemente de su estado civil, sobre la base de la igualdad del hombre y la mujer, de los derechos humanos y las libertades fundamentales en las esferas política, económica, social, cultural y civil o en cualquier otra esfera” (CEDAW,

1979).² En el caso del mercado laboral, la discriminación se traduce en una situación laboral más precaria en promedio para las mujeres que para los hombres.

Asimismo, los jóvenes suelen estar en clara desventaja con respecto de la media, ya sea porque pertenecen a la población inactiva o porque estando en ella su búsqueda de empleo se dificulta en gran medida debido a su falta de experiencia. Dada la importancia del buen funcionamiento del mercado de trabajo para el crecimiento, la optimización de los recursos y la cohesión social, en la siguiente sección se presentan los datos para los diversos indicadores aquí definidos. Con esa base se hará un análisis comparativo de desempeño del mercado laboral en México y en la región de América Latina y el Caribe.

3 El mercado de trabajo en México y en la región de América Latina y el Caribe

En la presente sección se compara el desempeño del mercado laboral en México con el de la región de América Latina y el Caribe. El análisis se centra en el año 2018 y en los promedios de las dos décadas precedentes, 1997 a 2007 y 2008 a 2017.

El cuadro 1 reporta tres indicadores básicos del mercado laboral. El primero es la tasa de participación, que mide el porcentaje de la población en edad de trabajar que forma parte de la PEA. El segundo es la tasa de desempleo, que mide el porcentaje de la PEA que se encuentra desempleada. El último es la relación empleo-población, que mide el porcentaje de personas empleadas con respecto de la población en edad de trabajar.

3.1 Participación de la fuerza de trabajo

De acuerdo con los datos del cuadro 1, la tasa de participación total en México ha estado alrededor de tres puntos porcentuales por debajo del promedio latinoamericano, ubicándose respectivamente en 61.1 % y 64.1 % en 2018. Si bien esta cifra indica una alta participación prome-

² La Convención sobre la Eliminación de todas las formas de Discriminación contra la Mujer (CEDAW) fue adoptada en forma unánime por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 18 de diciembre de 1979; entró en vigor en 1981 y es considerada la carta internacional de los derechos de la mujer.

dio de la PEA en ambos casos, cuando se desagrega por género y por edad aparecen los contrastes, tanto entre regiones como al interior de la composición de la PEA. Por ejemplo, en la década de 1998 a 2007, la brecha de género en México fue del 42.1 %;³ esto es, solo el 39.98 % de las mujeres participó en la PEA, lo que representó poco menos que la mitad de la participación de los hombres (82.08 %). En contraste, la brecha de género América Latina y el Caribe fue menor (30.04 %), pues si bien la tasa de participación masculina fue similar a la de México, la femenina fue un 9 % superior. En ambos casos la brecha de género se fue reduciendo con el tiempo, básicamente debido a la cada vez mayor participación de las mujeres en la PEA. Sin embargo, en 2018 la brecha aún es considerable: 35.1 % en México y 26.5 % en América Latina y el Caribe.

En el caso de los jóvenes de 15 a 24 años, resaltan los siguientes aspectos. En México, en la primera década, la participación juvenil masculina fue un 6 % superior a la participación de la población total, pero 15.74 % inferior a la participación masculina total; mientras que la diferencia de participación femenina por edad fue menor al 5 %. En contraste, en América Latina y el Caribe la participación juvenil masculina fue muy similar al total; sin embargo, las brechas de edad son del 14.27 % para los hombres y de solo el 6.97 % en el caso de las mujeres. En la segunda década, la participación juvenil masculina es muy similar al total en México, mientras que en América Latina es un 4 % inferior; la brecha de edad también aumentó, pasando al 19.5 %; similarmente, la brecha de edad en las mujeres aumentó al 10.8 %. Esta tendencia se mantuvo para 2018.

3.2 Desempleo y empleo

La relación empleo-población total fue muy similar en las dos décadas para ambas regiones, con un valor cercano al 60 %, pero mientras en México se mantuvo estable, en América Latina cayó al 40.1 % para 2018. Sin embargo, los hechos más notorios se refieren a las brechas de género. En México la brecha para la población total se redujo de 41.4 % al 34 % en la segunda década y en 2018; la misma tendencia se observó en la población joven, donde pasó del 30.53 % al 24.8 %. En contraste, en América Latina y el Caribe se observa que la brecha fue en general menor que en México; y tanto para la población total como la juvenil la

³ Las brechas de género se calculan como la diferencia entre el valor de la tasa para los hombres y el valor de la tasa para las mujeres.

brecha se redujo de la primera a la segunda década, pero la brecha se volvió negativa para 2018 debido al mayor empleo de las mujeres con respecto de los hombres. Finalmente, la brecha entre los jóvenes y la población total es relativamente baja en el caso de México, pero de más del 10 % en América Latina en las dos primeras décadas, mientras que para 2018 se torna negativa.

Cuadro 1. Tasas de participación, empleo y desempleo

<i>Región/ Categoría</i>	<i>Participación</i>			<i>Desempleo</i>			<i>Empleo</i>		
	<i>1998- 2007</i>	<i>2008- 2017</i>	<i>2018</i>	<i>1998- 2007</i>	<i>2008- 2017</i>	<i>2018</i>	<i>1998- 2007</i>	<i>2008- 2017</i>	<i>2018</i>
México									
<i>Total</i>	60.6	61.5	61.1	3.3	4.6	3.3	58.7	58.7	59.1
Mujeres	40.0	43.7	43.8	4.1	4.7	3.4	38.4	41.7	42.3
Hombres	82.1	79.8	78.9	2.9	4.6	3.3	79.8	76.2	76.3
<i>Jóvenes 15-24</i>	50.9	46.9	44.6	6.3	8.8	6.8	47.8	42.8	41.5
Mujeres	35.2	32.9	31.2	8.2	9.9	7.2	32.4	29.7	29.0
Hombres	66.3	60.5	57.6	5.4	8.3	6.6	62.9	55.5	53.8
América Latina y el Caribe									
<i>Total</i>	63.8	64.2	64.1	8.2	7	4.7	58.6	59.7	40.1
Mujeres	49.2	51.3	51.7	10.4	8.6	9.6	44.1	46.9	49.1
Hombres	79.2	77.8	77.0	6.8	6	5	73.8	73.1	30.7
<i>Jóvenes 15-24</i>	53.7	50.2	48.8	15.7	15.2	12.4	45.2	42.6	58.9
Mujeres	42.2	40.1	39.4	20	19	25.3	33.7	32.5	71.7
Hombres	64.9	60.1	58.0	13	12.8	12.9	56.5	52.4	46.7

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Oficina Internacional del Trabajo, Modelos econométricos de tendencias de la OIT (ilo.org/wesodata).

Es importante señalar que la relación empleo-población no distingue entre tipo y calidad de empleo, pues incluso una persona que trabaje una hora por semana, ya sea en el sector formal o informal, es considerada ocupada. Algo similar ocurre también con el desempleo. Debido a lo anterior, esas dos dimensiones deben ser complementadas para tener una mejor imagen del funcionamiento del mercado de trabajo. Por esta razón se considerarán dos categorías de empleo consideradas como vulnerables pues en muchos casos se trata de trabajo informal. En el cuadro 2 se presentan los datos para los trabajadores por cuenta propia y la participación del empleo auxiliar familiar en el empleo total.

Cuadro 2. Autoempleo y trabajo familiar auxiliar

Región/ Categoría	Autoempleo			Trabajadores familiares auxiliares		
	1998-2007	2008-2017	2018	1998-2007	2008-2017	2018
México						
Total	24.0	22.3	22.0	8.0	5.8	5.0
Mujeres	22.4	22.8	22.0	12.3	8.5	7.0
Hombres	24.9	22.1	22.0	5.9	4.2	3.0
América Latina y el Caribe						
Total	28.4	27.6	28.0	7.0	4.8	4.0
Mujeres	26.5	25.7	26.0	10.1	7.3	7.0
Hombres	29.6	28.8	30.0	4.9	3.3	3.0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Oficina Internacional del Trabajo, Modelos econométricos de tendencias de la OIT (ilo.org/wesodata).

En México, el porcentaje del empleo total que corresponde a trabajadores por cuenta propia bajó del 24% en la primera década al 22% en la segunda y se mantuvo en ese nivel en 2018. Si bien al principio se aprecia una pequeña brecha de género, esta tiende a desaparecer a partir de la segunda década. En América Latina y el Caribe la participación del autoempleo es ligeramente mayor, además de que para 2018 subsiste aun una brecha de género del 2%.

La imagen tiende a ser la inversa para la participación de los trabajadores familiares auxiliares en el empleo. Si bien en ambas regiones los valores son menores al 10% para las poblaciones total y masculina, y en todos los casos decrecen significativamente a lo largo del tiempo, en México es donde se observan los valores más altos. Además, en ambos casos existe una brecha de género del 4% al final del periodo.

4 Resultados y conclusiones

Del análisis previo se desprenden los siguientes resultados: (1) Los indicadores de empleo, desempleo y empleo en México son muy similares a los de América Latina y el Caribe, salvo en 2018, donde la relación empleo-población bajó sensiblemente en esta última; (2) la vulnerabilidad del empleo, reflejada por la participación en el empleo total de los trabajadores por cuenta propia y de los trabajadores familiares auxiliares, no es tan amplia, pero es más notoria en América Latina y el Caribe que en México; (3) en ambas regiones existen marcadas brechas de gé-

nero y de edad, de tal manera que tanto la población femenina como la juvenil tienden a tener los peores indicadores laborales.

¿Cómo explicar estos hechos? Las explicaciones teóricas pueden variar, entre otras cosas, según los enfoques que se empleen, así como por el nivel de agregación que se elija. Así, un modelo neoclásico con un agente representativo puede ser útil para modelar el comportamiento de la población total. Sin embargo, si lo que se pretende es explicar la diversidad de comportamientos que resultan cuando la población total se desagrega en subcategorías, la explicación teórica que se proponga deberá alejarse del supuesto de agente representativo y considerar la hipótesis de heterogeneidad. Sin embargo, en el marco neoclásico este es un fenómeno muy difícil de abordar.

Dado el contexto sociocultural de las brechas de género y la heterogeneidad entre la población en edad de trabajar, podría ser pertinente optar por una modelización basada en agentes. Este enfoque es una forma de simulación computacional que permite crear, analizar y experimentar con mundos artificiales formados por agentes heterogéneos; El principio básico es dotar a los diversos tipos de agentes reglas simples de comportamiento, con el fin de investigar cómo las interacciones entre sí, y entre los agentes y su entorno, se suman para formar los patrones vistos en el mundo real (Hamill y Gilbert, 2016). Dada su versatilidad para estudiar una variada gama de fenómenos, su uso se ha ido popularizando en las ciencias sociales, pues permite analizar un fenómeno complejo en una representación simplificada de la realidad social (Wilensky y Rand, 2015). No obstante, su mayor ventaja es que posibilita la realización de experimentos sociales, evitando las dificultades y los problemas éticos que surgirían de llevarlos a cabo en el mundo real (Gilbert, 2008).

5 Bibliografía

Convención sobre la Eliminación de todas formas de Discriminación contra la Mujer, CEDAW, 1979.

Recuperado el 25 de septiembre de 2019 de
<https://mexico.unwomen.org/es/digiteca/publicaciones/2011/12/cedaw>

Gilbert, G. N. (2008). *Agent-based models. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences*. Sage Publications, Inc.

Hamill, L. y N. Gilbert (2016). *Agent-Based Modelling in Economics*. United Kingdom: Wiley.

International Labour Organization (2018). *World Employment Social Outlook: Trends for Women 2018 – Global snapshot*.

Oficina Internacional del Trabajo, *Modelos econométricos de tendencias de la OIT*. Recuperado el 25 de septiembre de 2019 de <http://ilo.org/wesodata>

Mankiw, Gregory N. (2012). *Principios de Economía*. México: Cengage Learning.

Wilensky U. y Rand W. (2015). *An Introduction to Agent-Based Modeling. Modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press books.

Evaluación de políticas públicas, una introducción

Alejandro Mosiño

Antonio Baez Morales

1 Introducción

La evaluación de políticas públicas es, quizás, una de las aplicaciones más interesantes y pertinentes de la economía en general y de la econometría en particular. Cuando evaluamos una política pública nos hacemos preguntas tales como: ¿Cuál es el efecto de los apoyos gubernamentales para emprender nuevos negocios? ¿Cuál es el efecto de las medidas gubernamentales para combatir la informalidad? ¿Cuál es el impacto de las becas en el rendimiento académico? ¿Influye el tamaño de la clase en el desempeño de los alumnos y, en caso afirmativo, en qué medida? Para responderlas podemos hacer uso de varias de las herramientas a disposición de los econométricos, algunas de las cuales analizamos en este capítulo.

Para comenzar, en la sección 2 hacemos un repaso general de la definición y el uso de las variables dicotómicas, también conocidas como *variables dummy*, en un modelo de regresión lineal. Estas variables nos permiten incluir en el modelo elementos de carácter cualitativo, como por ejemplo género, religión, nacionalidad, nivel socioeconómico, etcétera. Como veremos, a pesar de que su estructura es bastante simple las variables dummy pueden aportar información muy valiosa para la correcta interpretación de los resultados de un modelo.

Como segundo paso, presentamos en la sección 3 un modelo conocido como *de resultados potenciales* o modelo de Neyman-Rubin. Este modelo ha ido ganando popularidad en todas las áreas del conocimiento, particularmente en estadística, medicina, ciencias políticas, sociología y, por supuesto, economía. La formulación original del modelo se debe a Neyman (1923, 1990), quien propone un modelo no paramétrico en el que

se trata de aislar el efecto de un “tratamiento”, el cual puede ser una política pública, sobre una variable endógena, manteniendo cualquier otro factor que la afecte de manera “controlada”, es decir constante. Luego se calcula la diferencia en la variable endógena en dos diferentes resultados potenciales, con y sin la aplicación del tratamiento, entendiéndose tal diferencia como el efecto causal o efecto de tratamiento. El efecto causal, sin embargo, no puede ser analizado directamente. Esto se debe a que, como veremos, uno de los dos resultados potenciales no puede ser observado, lo que implica un problema de identificación conocido como el problema fundamental de la inferencia causal.

Después de presentar el modelo de Newman-Rubin veremos que este puede ser analizado en un contexto de análisis de regresión. Aquí solo estudiamos cómo estimar el efecto de un tratamiento utilizando: 1) un análisis de regresión lineal, sección 4, y 2) un análisis utilizando variables instrumentales, sección 5.

Debido a que este es un capítulo introductorio de la metodología para la evaluación de políticas públicas, hemos decidido limitar el uso de las matemáticas al mínimo posible. En su lugar haremos una exposición de los diferentes modelos utilizando ejemplos con datos reales. La mayoría de estos son tomados de la literatura, por lo que hemos incluido una sección de referencias para que aquellos lectores interesados busquen más detalles.

2 Variables dummy

En un modelo de regresión es muy común encontrarse con variables que son de naturaleza cualitativa. Por ejemplo raza, color, género, religión, nacionalidad, región geográfica, etcétera. Para poder incluir estas características en un modelo econométrico es necesario cuantificarlas. Esto se logra mediante la definición de una o varias variables dicotómicas, también conocidas como *variables dummy*. Para ver su funcionamiento consideremos el siguiente modelo:

$$IMC_i = \beta_1 + \beta_2 D_i + u_i,$$

donde la variable dependiente, IMC_i es el índice de masa corporal, D_i es una variable dummy que representa el género de la persona y u_i es un error aleatorio que satisface los supuestos de Gauss-Markov.¹ Para hacer que el género sea cuantificable, la variable dummy se define como:

¹ Específicamente, suponemos que $u_i \sim iid\mathcal{N}(0, \sigma^2)$.

$$D_i = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ es mujer} \\ 0 & \text{si } i \text{ es hombre.} \end{cases}$$

Nota que esta especificación nos permite estimar el valor esperado del IMC controlando por el género. Específicamente:

$$\mathbb{E}(IMC_i|D_i) = \beta_1 + \beta_2 D_i.$$

El modelo puede estimarse por el método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO). El resultado puede expresarse como:

$$\widehat{IMC}_i = \begin{cases} b_1 + b_2 & \text{si } i \text{ es mujer} \\ b_1 & \text{si } i \text{ es hombre,} \end{cases}$$

donde b_1 y b_2 son los coeficientes estimados y \widehat{IMC}_i el valor estimado del IMC. Si existe una diferencia entre el IMC promedio de hombres y mujeres, el valor del coeficiente b_2 tendría que ser (estadísticamente) diferente de cero. Los resultados de estimar un modelo para una muestra de 3,323 hombres y mujeres holandeses pueden observarse en el Cuadro 1, el cual confirma nuestras sospechas: el coeficiente b_2 es negativo y estadísticamente significativo; en promedio, el IMC de las mujeres es 0.51 puntos más bajo que el de los hombres. En concreto, el IMC de los hombres es 25.23 y para las mujeres es 24.72.

En el Cuadro 2 mostramos los resultados de un modelo en el que hemos incluido como variable de control, además del género, la edad. Es decir:

$$IMC_i = \beta_1 + \beta_2 D_i + \beta_3 Edad_i + u_i,$$

de tal forma que:

$$\widehat{IMC}_i = \begin{cases} b_1 + b_2 + b_3 Edad_i & \text{si } i \text{ es mujer} \\ b_1 + b_3 Edad_i & \text{si } i \text{ es hombre,} \end{cases}$$

Cuadro 1: IMC controlado por el género

	<i>Variable dependiente:</i>
	IMC
$D_i = 1$	-0.507*** (0.133)
<i>Constante</i>	25.225*** (0.097)
Observaciones	3,323
R ²	0.004
R ² Ajustada	0.004
Error Est. Residual	3.822 (df = 3321)
Estadístico F	14.580*** (df = 1; 3321)

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Como observamos en el Cuadro 2, la edad es una variable estadísticamente diferente de cero y, por su signo, podemos deducir que afecta positivamente al IMC. Esto implica que entre más avanzada sea la edad de las personas, más tienden a aumentar su índice de masa corporal. Específicamente, cada año adicional del vida aumenta el IMC en 0.064 unidades. Nota, además, que el coeficiente de la variable dummy sigue siendo negativo y estadísticamente significativo. Esto implica que *para cualquier edad* el IMC de las mujeres es más bajo que el de los hombres.

Una versión más refinada del modelo anterior implicaría introducir, además de la variable dummy, una *interacción* de esta con la variable edad. Es decir:

$$\begin{aligned} IMC_i &= \beta_1 + \beta_2 D_i + \beta_3 Edad_i + \beta_4 D_i Edad_i + u_i \\ &= \beta_1 + \beta_2 D_i + (\beta_3 + \beta_4 D_i) Edad_i + u_i, \end{aligned}$$

de tal forma que el modelo estimado implicaría:

$$\widehat{IMC}_i = \begin{cases} b_1 + b_2 D_i + (b_3 + b_4 D_i) Edad_i & \text{si } i \text{ es mujer} \\ b_1 + b_3 Edad_i & \text{si } i \text{ es hombre} \end{cases}$$

Cuadro 2: IMC controlado por el género y por la edad

	<i>Variable dependiente:</i>
	IMC
$D_i = 1$	-0.449*** (0.129)
<i>Edad</i>	0.064*** (0.005)
<i>Constante</i>	22.344*** (0.229)
Observaciones	3,323
R ²	0.058
R ² Ajustada	0.058
Error Est. Residual	3.718 (df = 3320)
Estadístico F	102.588*** (df = 2; 3320)

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

En este caso podríamos probar la hipótesis de que la mujer efectivamente tiene un IMC menor que el de los hombres para cualquier edad, pero que esta diferencia va disminuyendo (o aumentando, dependiendo del signo del coeficiente) con la edad. Los resultados se muestran en el Cuadro 3.

Estos resultados nos indican que el coeficiente de la variable interactiva no es (estadísticamente) diferente de cero. Sin embargo, supongamos que sí lo es con el fin de ganar experiencia en la interpretación. Dado que el signo del coeficiente es negativo (-0.005), podríamos concluir que, si bien, el IMC de las mujeres es menor que el de los hombres para cualquier edad, esta diferencia va disminuyendo con la edad.

Naturalmente, existen muchas más variables que podrían estar relacionadas con el IMC. Esta es una de las principales razones por las que la R cuadrada ajustada de los modelos considerados es tan baja. Sin embargo, debido a cuestiones de espacio, y a que el objetivo de este capítulo se enfoca más a analizar modelos de evaluación de política pública, dejamos como ejercicio que el lector imagine algunas otras variables que

Cuadro 3: IMC controlado por el género,
por la edad y la interacción de estas

	<i>Variable dependiente:</i>
	IMC
$D_i = 1$	-0.224 (0.434)
<i>Edad</i>	0.066*** (0.007)
$D_i \times Edad$	-0.005 (0.009)
<i>Constante</i>	22.227*** (0.314)
Observaciones	3,323
R ²	0.058
R ² Ajustada	0.057
Error Est. Residual	3.718 (df = 3319)
Estadístico F	68.475*** (df = 3; 3319)

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

podrían incluirse en nuestra formulación. Estas pueden ser dummies o no, interactivas y no interactivas. De igual forma, el lector debe intuir cuál es el signo esperado de sus coeficientes.

3 Fundamentos teóricos del modelo de Neyman-Rubin

En esta sección hacemos una breve introducción al *modelo de resultados potenciales*, también conocido como *modelo de Neyman-Rubin*, o *modelo contrafactual*. Este método nos permite inferir la relación causal entre dos variables T y y . En el modelo, T es la *variable de tratamiento* y y es la *variable de respuesta* (la variable endógena).

Una complicación del modelo de Neyman-Rubin es que y tiene al menos dos resultados potenciales, uno de los cuales es observable y el otro no. Los resultados no observables se conocen como *contrafactuales*; esto es, aquellos que representan el resultado de una situación que no ha ocurrido, o, en otras palabras, contraria a la situación observada. Por ejemplo, consideremos el caso de un trasplante al corazón. Aquí el tratamiento es el trasplante mismo y los resultados (desenlaces) posibles son que el individuo que lo recibe sane o que muera. Imaginemos que el individuo recibe el trasplante y vive. Para poder medir el efecto causal del tratamiento, es decir, para saber si el individuo vive como resultado del trasplante, necesitaríamos saber qué hubiera pasado si este mismo individuo, en el mismo periodo de tiempo, no hubiera recibido el tratamiento y, como consecuencia, muriera. Este último resultado es el contrafactual.

En nuestra argumentación anterior hemos hecho referencia a un ejemplo que deja en claro el porqué a la variable T se le conoce como *de tratamiento*. Esto es por el lenguaje heredado de la medicina. Sin embargo, en la actualidad el mismo tipo de análisis puede encontrarse en diferentes ramas del conocimiento y con el mismo lenguaje. Algunos ejemplos se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Ejemplos de variables de tratamiento y variable objetivo

Tratamiento (T)	Resultado (y)
Ejercicio diario	Presión sanguínea
Capacitación laboral	Salarios
Un nuevo reglamento de tránsito	Tasa de accidentes de tránsito
Un medicamento	Colesterol

Fuente: Nuñez, 2011.

Para formalizar el modelo de Neyman-Rubin, supongamos que, aunque el tratamiento podría ser en diferentes intensidades y, al mismo tiempo, los resultados podrían ser múltiples, T es una variable binaria, de tal forma que:

$$T_i = \begin{cases} 0, & \text{si } i \text{ no recibe tratamiento} \\ 1, & \text{si } i \text{ recibe tratamiento} \end{cases}$$

donde $i = 1, 2, \dots, n$ indica la unidad i -ésima. El grupo de unidades tratadas se conoce como *grupo de tratamiento*, y el grupo de unidades no tratadas se conoce como *grupo de control*. En nuestro ejemplo de arriba,

la variable T tomará el valor de 1 si la persona i recibe un trasplante de corazón, y 0 en caso contrario. Además, para cada unidad i , la variable de respuesta, y_i , puede tomar dos resultados potenciales:

$$y_i = \begin{cases} y_i^0, & \text{si } i \text{ no recibe tratamiento} \\ y_i^1, & \text{si } i \text{ recibe tratamiento,} \end{cases} \quad (1)$$

donde y_i^0 en nuestro ejemplo sería una persona que no recibe el trasplante y muere, y y_i^1 sería una persona que recibe el tratamiento y sana. Otra forma de relacionar la variable de respuesta con los resultados potenciales es mediante la fórmula:

$$y_i = y_i^1 T_i + y_i^0 (1 - T_i) = y_i^0 + (y_i^1 - y_i^0) T_i. \quad (2)$$

Tómate un momento para analizar las ecuaciones (1) y (2) y concluir que son equivalentes.

El elemento entre paréntesis de la ecuación (2) se conoce como el *efecto de tratamiento* para la unidad i (es decir, el efecto del trasplante en nuestro ejemplo), que denotaremos como τ_i . Específicamente:

$$\tau_i = y_i^1 - y_i^0,$$

de tal forma que:

$$y_i = y_i^0 + \tau_i T_i.$$

Como hemos dicho, uno de los principales problemas del modelo de Neyman-Rubin es que, aunque existen dos resultados potenciales para cada unidad i , solo uno de ellos es observable. Este es el *problema fundamental de la inferencia causal*. En particular, cuando $T_i = 0$, y_i^0 es observable y y_i^1 no. En cambio, cuando $T_i = 1$, y_i^1 es observable y y_i^0 no. Los resultados no observables son los contrafactuales. Por ejemplo, ¿qué pasa si a una persona sana y con trasplante no se le aplica el tratamiento? Y ¿qué hubiera pasado si a una persona sin trasplante que murió se le hubiera aplicado el tratamiento?

Debido al problema fundamental de la inferencia causal, el cual desde el punto de vista práctico implica que no podemos calcular τ_i para cada unidad i , resulta más conveniente hacer una estimación del efecto causal analizando las propiedades estadísticas del efecto de tratamiento. La medida más utilizada para esto es el *efecto de tratamiento promedio*, el cual denotaremos por τ_{ATE} y está definido como:

$$\begin{aligned}
\tau_{ATE} &= \mathbb{E}(\tau_i) = \mathbb{E}(y_i^1 - y_i^0) \\
&= \mathbb{E}(y_i^1) - \mathbb{E}(y_i^0) \\
&= \mathbb{E}(y_i^1 | T_i = 1) - \mathbb{E}(y_i^0 | T_i = 0) \\
&= \mathbb{E}(y_i | T_i = 1) - \mathbb{E}(y_i | T_i = 0),
\end{aligned}$$

donde para la última igualdad hemos hecho uso de la ecuación (1). Lo anterior implica que el τ_{ATE} no es más que la diferencia entre el efecto promedio sobre el grupo de tratamiento y el efecto promedio sobre el grupo de control. Desde el punto de vista funcional, un estimador del τ_{ATE} , que llamaremos $\hat{\tau}_{ATE}$, es:

$$\hat{\tau}_{ATE} = \frac{1}{n_T} \sum_{i \in T} y_i - \frac{1}{n_C} \sum_{i \in C} y_i, \tag{3}$$

donde n_T y n_C se refieren al número de unidades en el grupo de tratamiento y en el grupo de control, respectivamente.

Otro indicador que se acostumbra estimar en la práctica es el *efecto de tratamiento sobre los tratados*, el cual no es más que el efecto de tratamiento promedio *condicional a que se ha recibido el tratamiento*. Este lo denotaremos como τ_{ATET} y se calcula como:

$$\begin{aligned}
\tau_{ATET} &= \mathbb{E}(y_i^1 - y_i^0 | T_i = 1) \\
&= \mathbb{E}(y_i^1 | T_i = 1) - \mathbb{E}(y_i^0 | T_i = 1).
\end{aligned}$$

Nota que el primer término en el τ_{ATET} es plenamente identificable a partir de las observaciones. Esto es porque $\mathbb{E}(y_i^1 | T_i = 1)$ no es más que el resultado promedio para el grupo de tratamiento dado que recibió el tratamiento. El segundo término, en cambio, es un caso contrafactual que representa el resultado promedio para el grupo de control dado que recibió el tratamiento. Naturalmente, este caso no es observable. Sin embargo, puede demostrarse que si las personas tratadas se han elegido de manera *aleatoria* (de tal forma que y_i^0 y y_i^1 son independientes de T_i) el segundo término del τ_{ATET} puede estimarse con su análogo: $\mathbb{E}(y_i^0 | T_i = 0)$, de tal forma que:

$$\begin{aligned}
\tau_{\text{ATE}} &= \mathbb{E}(y_i^1 | T_i = 1) - \mathbb{E}(y_i^0 | T_i = 0) \\
&= \mathbb{E}(y_i^1) - \mathbb{E}(y_i^0) \\
&= \tau_{\text{ATE}}.
\end{aligned}$$

Por supuesto, encontrar casos en los que la selección de las unidades en los grupos de tratamiento y de control sea completamente aleatoria es muy complicado. Intentemos imaginar, por ejemplo, si la selección de personas que reciben un trasplante de corazón es completamente aleatoria, o si resulta aleatorio que una persona participe en alguna campaña de salud. Por lo general, estas personas se *autoseleccionan*, lo que genera cierto sesgo en la estimación del τ_{ATE} y del τ_{ATE} .

Cuadro 5: Resumen estadístico de la base de datos del proyecto STAR. Niños de preescolar, clases regulares

Estadístico	Media	Des. Est.	Min	Max
puntajetotal	918.201	72.214	635	1,253
gpequeño	0.000	0.000	0	0
expmaestro	9.441	5.779	0.000	27.000
niño	0.513	0.500	0	1
almuerzogratis	0.486	0.500	0	1
blanco_asiatico	0.673	0.469	0	1
maestroblanco	0.824	0.381	0	1
maestrosgrado	0.366	0.482	0	1
escuelaurbana	0.316	0.465	0	1
escuelarural	0.475	0.499	0	1

Un ejemplo muy interesante de experimento aleatorio es el *Proyecto STAR*, el cual se llevó a cabo en Tennessee, Estados Unidos, entre 1985 y 1989. En este experimento, se tomó una muestra de niños que iban desde la edad preescolar hasta tercer año de educación primaria. Estos fueron asignados aleatoriamente en clases de diferentes tipos: 1) clases pequeñas con 13-17 alumnos, 2) clases regulares con 22-25 alumnos, y 3) clases regulares que cuentan con un profesor asistente, además del profesor titular. El objetivo del estudio fue medir el desempeño de los alumnos en cada uno de los tres tipos de clases. Este es, claramente, un

Cuadro 6: Resumen estadístico de la base de datos del proyecto STAR.
Niños de Kindergarten, clases pequeñas

Estadístico	Media	Des. Est.	Min	Max
puntajetotal	931.942	76.359	747	1,253
gpequeño	1.000	0.000	1	1
expmaestro	8.995	5.732	0	27
niño	0.515	0.500	0	1
almuerzogratis	0.472	0.499	0	1
blanco_asiatico	0.685	0.465	0	1
maestroblanco	0.862	0.344	0	1
maestroposgrado	0.318	0.466	0	1
escuelaurbana	0.306	0.461	0	1
escuelarural	0.463	0.499	0	1

tipo de análisis en el que podemos medir el efecto del tratamiento, donde el tratamiento puede definirse como la asignación de un alumno a un grupo pequeño y el resultado es el desempeño del estudiante, medido como un promedio de sus calificaciones en matemáticas, ciencias e idioma extranjero.

En los Cuadros 5 y 6 vemos un resumen estadístico para una submuestra de la base de datos de STAR que incluye 4,048 niños de preescolar. Las variables que nos interesan en este punto son: 1) *puntajetotal*, la cual, como hemos dicho, es la variable que nos indica el rendimiento escolar de los niños, y 2) la variable *gpequeño*, la cual es una variable dummy que vale 1 si el niño fue asignado a un grupo pequeño y 0 de otra forma; esta es la variable de tratamiento. Si el tratamiento tiene éxito, esperamos que la calificación promedio, *puntajetotal*, sea mayor cuando $T = 1$.

Para este ejemplo, $\mathbb{E}(y_i^0)$ no es más que la calificación promedio para los niños en clases regulares y $\mathbb{E}(y_i^1)$ la calificación promedio para los niños en clases pequeñas. Dado que la asignación de niños en los grupos ha sido aleatoria, tenemos entonces que:

$$\begin{aligned}
 \tau_{ATE} = \tau_{ATET} &= \mathbb{E}(y_i^1) - \mathbb{E}(y_i^0) \\
 &= 931.942 - 918.201 \\
 &= 13.74055 \text{ puntos.}
 \end{aligned}$$

Es decir, el rendimiento en las clases pequeñas es más alto que en las clases numerosas. La diferencia promedio es de 13.74 puntos.

La moraleja de esta sección es la siguiente: en el caso en que las unidades del grupo de tratamiento y del grupo de control han sido seleccionadas aleatoriamente, lo único que nos interesa es estimar el efecto de tratamiento promedio. Esto puede hacerse mediante la ecuación (3). Como veremos, sin embargo, las cosas se ponen mucho más interesantes cuando existen otras variables que podrían ayudar a explicar mejor la relación causal entre y_i y T_i . Estas variables, conocidas como *variables de control*, serán analizadas en la siguiente sección.

4 El modelo de Neyman-Rubin y el modelo de regresión lineal

Para ver la conexión entre la teoría de las secciones 2 y 3, utilicemos el ejemplo del proyecto STAR. Consideremos el modelo:

$$\text{puntajetotal}_i = \beta_1 + \beta_2 T_i + u_i,$$

donde *puntajetotal* nos indica el rendimiento escolar de los niños, y T_i es una variable dummy —de tratamiento— tal que:

$$T_i = \begin{cases} 1, & \text{si } i \text{ es asignado a un grupo pequeño} \\ 0, & \text{de otra forma.} \end{cases}$$

Igual que en la sección 2, este modelo puede estimarse por el método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO). El resultado puede expresarse como:

$$\widehat{\text{puntajetotal}}_i = \begin{cases} b_1 + b_2, & \text{si } i \text{ es asignado a un grupo pequeño} \\ b_1, & \text{de otra forma,} \end{cases}$$

donde b_1 y b_2 son los coeficientes estimados y $\widehat{\text{puntajetotal}}_i$ el valor estimado de la variable *puntajetotal*. Si existe una diferencia entre el promedio de niños en grupos pequeños y niños en grupos regulares, el valor del coeficiente b_2 tendría que ser (estadísticamente) diferente de cero. De hecho, en caso de que el tratamiento tenga éxito, esperamos que el coeficiente b_2 sea positivo. Los resultados de la estimación pueden observarse en el Cuadro 7.

Cuadro 7: Proyecto STAR, estimación por MCO

	<i>Variable dependiente:</i>
	puntajetotal
$T_i = 1$	13.741*** (2.107)
<i>Constante</i>	918.201*** (1.155)
Observaciones	5,786
R ²	0.007
R ² Ajustada	0.007
Error Est. Residual	73.483 (df = 5784)
Estadístico F	42.515*** (df = 1; 5784)

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Primero, observamos que tanto la constante como el coeficiente de la variable de tratamiento son (estadísticamente) diferentes de cero. Segundo, el valor de los coeficientes estimados deberían resultar familiares para el lector: el valor estimado de la constante no es más que $\mathbb{E}(y_i^0)$ de la sección anterior, es decir al promedio de calificaciones para los niños en el grupo de control; el coeficiente de T_i no es más que el valor promedio del efecto de tratamiento, τ_{ATE} . Esto demuestra que las estimaciones del τ_{ATE} pueden realizarse mediante la ecuación (3), o bien por medio de una regresión lineal.

Sin embargo, el modelo de regresión cobra un papel protagónico en el cálculo del τ_{ATE} si suponemos que los resultados potenciales están determinados por otras variables, \mathbf{x}_i , además de la variable de tratamiento. Esto resulta en el efecto de tratamiento *condicional* a \mathbf{x}_i , el cual se calcula como:

$$\tau_{ATE}(\mathbf{x}_i) = \mathbb{E}(y_i^1 - y_i^0 | \mathbf{x}_i),$$

y el efecto de tratamiento sobre los tratados se calcula como:

$$\begin{aligned}\tau_{\text{ATE}}(\mathbf{x}_i) &= \mathbb{E}(y_i^1 - y_i^0 | \mathbf{x}_i, T_i = 1) \\ &= \mathbb{E}(y_i^1 | \mathbf{x}_i, T_i = 1) - \mathbb{E}(y_i^0 | \mathbf{x}_i, T_i = 1).\end{aligned}$$

Este, al igual que en el caso no condicionado, es igual al $\tau_{\text{ATE}}(\mathbf{x}_i)$ cuando la selección de las unidades en cada grupo es completamente aleatorio.

Para ejemplificar, supongamos que el modelo es ahora:

$$\text{puntajetotal}_i = \beta_1 + \beta_2 T_i + \beta_3 \text{expermaestro} + u_i.$$

En este caso, el resultado potencial, *puntajetotal*, depende no solo de la variable de tratamiento, sino de la variable *expermaestro*, la cual nos indica el número de años de experiencia docente del profesor titular del grupo. Esperamos que entre más experiencia tenga el profesor mejor será el puntaje de los niños. Esto implica que el signo del coeficiente de esta variable de control sea positivo. Los resultados de estimar este modelo se muestran en el Cuadro 8.

Como se muestra en el Cuadro 8, el signo del coeficiente estimado de la variable *expermaestro* es, efectivamente, positivo y estadísticamente significativo. Su valor indica que cada año adicional de experiencia del profesor titular de la clase eleva el puntaje promedio de sus alumnos en 1.467 puntos. Los resultados también muestran que el puntaje promedio para el grupo de control es de 904.442 puntos, y que el efecto de tratamiento es de 14.307 puntos. Esto implica que el puntaje promedio del grupo de tratamiento es de $(904.442 + 14.307)$ 918.7484 puntos.

Por supuesto, la especificación que aquí hemos usado para modelar los efectos de tratamiento es demasiado simple. Existen otras variables que podrían utilizarse para explicar los resultados potenciales. Algunas de estas se muestran en los Cuadros 5 y 6. Estas pueden entrar de forma independiente o interactuando entre ellas. Queda como ejercicio que el lector imagine diferentes variables y especificaciones para mejorar el modelo presentado en esta sección.

5 Variables instrumentales

En la sección anterior hemos enfatizado varias veces la importancia que tiene la selección aleatoria de las unidades en los grupos de tratamiento y de control. ¿Qué pasaría, por ejemplo, si los alumnos en el experimento de Tennessee se hubieran asignado en los diferentes tipos de clase en

Cuadro 8: Proyecto STAR, estimación por MCO con variables de control adicionales

	<i>Variable dependiente:</i>
	puntajetotal
$T_i = 1$	14.307*** (2.099)
<i>expermaestro</i>	1.467*** (0.167)
<i>Constante</i>	904.442*** (1.952)
Observaciones	5,766
R ²	0.020
R ² Ajustada	0.020
Error Est. Residual	73.079 (df = 5763)
Estadístico F	59.767*** (df = 2; 5763)

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

función de su desempeño? En este caso nos enfrentaríamos a un problema que, en econometría, se conoce como de *endogeneidad*.

Formalmente, tenemos endogeneidad cuando el error u_i y alguna o algunas de las variables explicativas del modelo se encuentran correlacionadas. En nuestro contexto, tendríamos una relación entre el error y la variable de tratamiento. Esto puede ocurrir por varias razones, entre las que se encuentran: 1) los posibles errores de medición en las variables, 2) la *ausencia* en el modelo de otras variables relacionadas con T_i , y 3) la interdependencia entre la variable de respuesta y la de tratamiento. Si los alumnos en el experimento de Tennessee se hubieran asignado en los diferentes tipos de clase en función de su desempeño, tendríamos endogeneidad, dado que *puntajetotal* dependería de T_i pero, a su vez, T_i dependería de *puntajetotal*.

Se puede demostrar que, en presencia de endogeneidad, los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios serán *sesgados*. Esto es, estaremos sobreestimándolos o subestimándolos, lo que implica que la interpreta-

ción del efecto de tratamiento, así como todas las conclusiones de política pública derivadas de esta, serían incorrectas. Para solucionar el problema usamos lo que en econometría se conoce como el *método de las variables instrumentales* (VI), también conocido como de *mínimos cuadrados en dos etapas* (MC2E).

Para motivar el procedimiento, consideremos el ejemplo de la violencia doméstica en Minneapolis, Estados Unidos. A inicios de la década de los años ochenta del siglo pasado, la policía no acostumbraba arrestar a un agresor a menos que la víctima lo solicitara explícitamente o que el sospechoso hiciera algo (además de la agresión en sí) que motivara su arresto. En realidad el oficial de policía solo actuaba como mediador de la disputa, o refiriendo obligatoriamente a las partes a una agencia independiente para su resolución por tratamiento de terapia familiar. Esto generó, por una parte, un rechazo de los oficiales de la policía a intervenir en los casos de violencia doméstica y, por la otra, la percepción de la comunidad de que la violencia doméstica no traía consigo ninguna consecuencia legal.

Entre 1981 y 1982 se implementó el conocido *Experimento Minneapolis* para tratar de reducir los casos de violencia doméstica. Este consistía en que, una vez recibida una llamada para anteder una agresión, los oficiales de la policía recibían de forma totalmente aleatoria la instrucción de actuar de acuerdo con una de las siguientes tres estrategias: 1) arrestar al agresor, 2) dar terapia informal en el lugar del hecho, o 3) restringir el ingreso del agresor a su hogar por ocho horas. Mas de 300 casos fueron manejados experimentalmente de esta manera, y la actitud del agresor fue estudiada durante los siguientes seis meses a la comisión de su agresión. ¿Qué tan efectiva fue esta política?

Antes de responder a esta pregunta, es necesario resaltar que, si bien el diseño del experimento garantizaba que la asignación de la estrategia, arresto, terapia o restricción, fuera aleatoria, en la práctica existió una diferencia entre el *tratamiento asignado* y el *tratamiento efectivo*, es decir, el realmente aplicado por los oficiales. Esto es, los oficiales de policía no siempre aplicaron la estrategia que les fue asignada. Esto pudo ocurrir, por ejemplo, cuando el agresor atacó al oficial (y por ende fue arrestado sin importar cuál era el tratamiento asignado originalmente); cuando la víctima exigió el arresto de su atacante; o simplemente cuando el oficial olvidó cuál era el tratamiento asignado. Entonces, para medir el efecto de la política pública, parece necesario utilizar como variable de tratamiento la estrategia efectiva, T^e , en lugar de la asignada, T^a .

Para simplificar el modelo, supongamos que el oficial de policía solo podía actuar de acuerdo con la estrategia: 1) arrestar o 2) no arrestar, de tal forma que:

$$T_i^e = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ no es arrestado} \\ 0 & \text{si } i \text{ es arrestado.} \end{cases}$$

Naturalmente, cuando $T^e = 1$ el oficial pudo haber aplicado ya sea la terapia o una restricción. La variable de respuesta que utilizaremos en este ejemplo es la reincidencia del agresor. Esta es también una variable dummy de la siguiente forma:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ reincide} \\ 0 & \text{si } i \text{ no reincide.} \end{cases}$$

Se espera que si la política pública es efectiva exista una caída en el número de agresores reincidentes. Para ver si esto fue el caso, utilizamos la metodología que aprendimos en la sección 4. Los resultados se observan en el Cuadro 9.

Como podemos ver en el Cuadro 9, el signo de la variable de tratamiento es positivo y estadísticamente significativo. Esto quiere decir que, en promedio, la tasa de reincidencia aumentó en un 10.7% cuando la medida adoptada por el oficial era la de no arrestar. Esto justifica la medida de la policía en la que permitía arrestar al agresor en casos de violencia doméstica.

Sin embargo, existe un problema con el análisis del Cuadro 9. ¿Cuál es? Es altamente probable que exista un problema de endogeneidad. En este caso podrían existir algunas variables inobservables omitidas que podrían explicar la variable de respuesta y que, al mismo tiempo, estén relacionadas con la variable de tratamiento, T^e . Un ejemplo es la naturaleza violenta de un agresor. En este caso, sin importar cuál era la estrategia asignada al oficial, este pudo haber decidido arrestar al agresor. Del mismo modo, esta característica inobservable hace altamente probable la reincidencia. Lo anterior, como hemos dicho, implica que los resultados del Cuadro 9 podrían estar sesgados.

Entonces, el paso a seguir es estimar el efecto de tratamiento utilizando el método de los MC2E. Para esto, es necesario, primero, obtener un *instrumento* para la variable de tratamiento. ¿Qué significa esto? Un ins-

Cuadro 9: Estimación por MCO del efecto de tratamiento para el Experimento Minneapolis

	<i>Variable dependiente:</i>
	Reincidencia
$T_i = 1$	0.107** (0.043)
<i>Constante</i>	0.118*** (0.033)
Observaciones	314
R ²	0.019
R ² Ajustada	0.016
Error Est. Residual	0.380 (df = 312)
Estadístico F	6.111** (df = 1; 312)

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

trumento, también llamado *variable instrumental*, es una variable correlacionada con la variable endógena, pero no con la variable de respuesta. En nuestro ejemplo, un buen instrumento para la variable de tratamiento es el tratamiento asignado, T^a . Como hemos dicho, T^a se asignaba de forma completamente aleatoria, lo que implica que no tiene una relación directa con y_i . Sin embargo, es de esperarse que los oficiales no se alejaran tanto de T^a a la hora de decidir sobre su propia estrategia.

Una forma de entender el método de los MC2E es realizando los siguientes pasos:

1. Estimamos por MCO un modelo en el que la variable dependiente es la variable endógena, T^e , y la variable explicativa es la variable instrumental, T^a .
2. Repetimos el análisis sobre el efecto de tratamiento, pero, en lugar de usar T^e , usamos el valor ajustado de T^e a partir de los resultados del paso anterior.

Como vemos, el procedimiento implica regresar dos ecuaciones por MCO, de ahí el nombre de MC2E. También implica el uso de una variable instrumental, de ahí el nombre de VI. Hemos de aclarar, sin embargo, que en la práctica la estimación de los coeficientes nunca se hace exac-

tamente de esta manera. Esto es porque, aunque los estimadores son consistentes, los errores estándar son ineficientes, lo que implica que no podemos confiar en las pruebas de hipótesis asociadas a los coeficientes. Sin embargo, los ajustes necesarios son realizados automáticamente por las rutinas pre programadas en todos los software dedicados a la econometría.

En el Cuadro 10 mostramos los resultados de estimar el efecto de tratamiento usando el método de los MC2E. Como podemos ver, hay una diferencia importante entre el efecto de tratamiento estimado por este procedimiento y el del MCO. Aunque en ambos el efecto es positivo y estadísticamente significativo, el método de los MC2E indica que la tasa de reincidencia aumentó en un 14.5 % cuando la medida adoptada por el oficial era la de no arrestar, contra un 10.7 % indicado por el método de los MCO.

Cuadro 10: Estimación por MC2E del efecto de tratamiento para el Experimento Minneapolis

	<i>Variable dependiente:</i>
	Reincidencia
$T_i = 1$	0.145** (0.060)
<i>Constante</i>	0.096** (0.040)
Observaciones	314
R ²	0.017
R ² Ajustada	0.014
Error Est. Residual	0.381 (df = 312)

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Para terminar, el Cuadro 11 muestra el efecto de tratamiento cuando se agregan otras variables de control. Entre estas se encuentran una variable dummy que indica la agresión con arma, una variable dummy que indica si el agresor estaba bajo la influencia de alguna droga, una variable dummy que indica el año en que ocurrió la agresión, así como variables dummy que indican el trimestre del año y raza de los agresores.

Como podemos ver, el efecto del tratamiento se mantiene en alrededor del 14%.

Cuadro 11: Estimación por MC2E del efecto de tratamiento para el Experimento Minneapolis, incluyendo variables de control

<i>Variable dependiente:</i>	
Reincidencia	
$T_i = 1$	0.140*** (0.053)
arma	0.005 (0.043)
drogas	0.064* (0.039)
y82	-0.358*** (0.046)
q1	0.314*** (0.070)
q2	0.433*** (0.055)
q3	0.186*** (0.060)
noblanco	-0.021 (0.038)
mixto	0.041 (0.043)
<i>Constante</i>	-0.100 (0.067)
Observaciones	314
R ²	0.299
R ² Ajustada	0.278
Error Est. Residual	0.326 (df = 304)

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

6 Conclusiones

En este capítulo hemos visto una introducción a una de las aplicaciones más interesantes de la econometría: la evaluación de políticas públicas. Hemos visto que, bajo condiciones de aleatoriedad en la selección de las unidades de los grupos de control y de tratamiento, el impacto de una política pública puede medirse mediante un simple análisis de regresión lineal.

Igualmente, hemos dejado en claro que el supuesto de aleatoriedad es demasiado fuerte y que, por ende, existe un problema que en econometría se conoce como de endogeneidad. En estos casos, siempre es posible utilizar el método de las variables instrumentales, también conocido como mínimos cuadrados en dos etapas para estimar el efecto de una política pública.

Debido a que hemos decidido dejar el tema a un nivel introductorio, no hemos analizado aquí otra gama de modelos econométricos que nos permiten estimar el efecto de tratamiento. En esta gama se incluyen, por ejemplo, los modelos no lineales y los modelos de datos panel. Tampoco hemos presentado ninguna prueba que nos permita detectar la endogeneidad, ni pruebas más formales para la selección de buenos instrumentos. Dejamos como tarea al lector interesado consultar más sobre la generalidad de estos temas —no necesariamente aplicados a la evaluación de política pública— en los libros clásicos de econometría.

Referencias

- [1] Angrist, J. D. (2006). “Instrumental variables methods in experimental criminological research: What, why and how”, *Journal of Experimental Criminology*, 2(1), 23–44.
- [2] Angrist, J. D. y Pischke, J. S. (2008). *Mostly harmless econometrics: An empiricist’s companion*. Princeton University Press.
- [3] Angrist, J. D., y Pischke, J. S. (2014). *Mastering ’metrics: The path from cause to effect*. Princeton University Press.
- [4] Gertler, P. J. et al. (2017). *La evaluación de impacto en la práctica*. Segunda edición.

- [5] Grotenhuis M. y Thijs, P. (2015). “Dummy variables and their interactions in regression analysis: examples from research on body mass index”. arXiv: 1511.05728.
- [6] Hernan MA, Robins JM (2020). *Causal Inference: What If*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.
- [7] Mosiño, A. y Baez-Morales, A. (2018). “Econometría”, en Alejandro Mosiño, *ABCD’Econometría*. Secularte, A.C.
- [8] Neyman, J.S. (1990). “On the application of probability theory to agricultural experiments. Essay on principles. Section 9”, *Statistical Science*, 5(4), pp. 465–472.
- [9] Nuñez, L. G. (2011). “Econometría de evaluación de impacto”, *Revista Economía*, 34(67), p. 81-125.
- [10] Quandt, R. E. (1958). “The Estimation of the Parameters of a Linear Regression System Obeying Two Separate Regimes”, *Journal of the American Statistical Association*.
- [11] Rodríguez-Villamizar, L. A. (2017). “Inferencia causal en epidemiología”, *Revista de Salud Pública*.
- [12] Roy, A. D. (1951). *Some thoughts on the distribution of earnings*, Oxford Economic Papers.
- [13] Rubin, D. B. (1974). “Estimating Causal Effects of Treatment in Randomized and Nonrandomized Studies”, *Journal of Educational Psychology*, 66(5), pp. 688–701.

Los libros **ABCD'Economía** tienen como objetivo principal el dar a conocer al público en general un poco sobre los quehaceres propios de un economista y proporcionar a los aspirantes, estudiantes y egresados de la licenciatura y de la maestría en economía una herramienta de consulta fácil y ágil que les permita recordar los conceptos más importantes de su área de conocimiento.

En el tomo II de **ABCD'Economía** presentamos seis capítulos que conservan el espíritu de su predecesor: son cortos y pretenden ser más una herramienta de consulta que una herramienta de aprendizaje por sí mismos.

Con algunas de las aplicaciones que aquí presentamos, deseamos despertar la curiosidad del lector y su entusiasmo por analizar los fenómenos económicos a su alrededor.

UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



ISBN: 978-607-441-696-1

