

Contenido

Impresiones

Javier Galán Figueroa

Los precios a través de la economía de la información. Una aplicación entre el peso mexicano y el dólar estadounidense, 2014-2016

The prices through economics of information.

An application between the Mexican peso and American dollar, 2014-2016

2

4

Germán Medina Pérez

Estadística de las trayectorias más exitosas en el juego de minorías

Statistics of the most successful careers in the minority game

18

Eduardo Ramírez Cedillo

Causalidad entre ingresos y gastos públicos en México (1982-2015)

Causal link between public revenues and expenditures in Mexico

40

Juan Reyes Álvarez

Diversidad en el sector tecnológico de baterías.

Una propuesta metodológica basada en la medición de entropía con patentes

Technological diversity in the battery technology sector.

A methodology based on entropy measurement and use of patents

60

Edmar Salinas Callejas

La onda larga de los precios de alimentos 1990-2016

The long wave of food prices 1990-2016

85



ECONOMÍA INFORMA

ECONOMÍA INFORMA | 401 | NOVIEMBRE-DICIEMBRE 2016 |



Impresiones

Con este número presentamos el diseño y la identidad gráfica de la sección de artículos principales denominada *Impresiones*; que tiene como objetivo dar a conocer trabajos inéditos realizados por los catedráticos de nuestra Facultad. Los temas que aquí se publican reforzarán

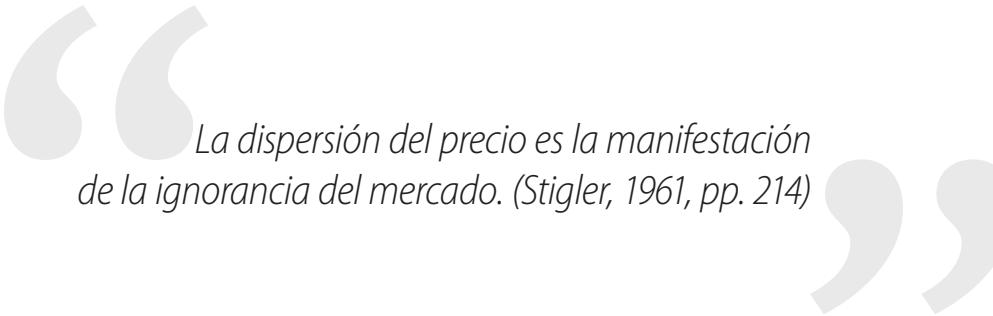
nuestro compromiso por reflejar la pluralidad y diversidad que caracteriza a nuestra institución. En esta ocasión, se abordan temas de economía monetaria y gasto público así como una aproximación de sistemas complejos abordado desde la perspectiva de la simulación de agentes adaptables.

Los precios a través de la economía de la información. Una aplicación entre el peso mexicano y el dólar estadounidense, 2014-2016

The prices through economics of information.

An application between the Mexican peso and American dollar, 2014-2016

Javier Galán Figueroa *


*La dispersión del precio es la manifestación
de la ignorancia del mercado. (Stigler, 1961, pp. 214)*

Resumen

En este documento se utiliza la teoría de la economía de la información para explicar el impacto de las subastas de dólares sobre la paridad entre el peso mexicano y el dólar estadounidense durante el periodo de estudio que comienza en enero de 2014 y finaliza en marzo de 2016. Para ello se considera el modelo de George Stigler, el cual explica cómo los precios se determinan en los mercados con información asimétrica. Los resultados sugieren que la estrategia de las subastas fue uno de los factores que incidieron sobre la dispersión del precio del dólar durante el periodo de estudio.

4

Abstract

In this document, the economics of information theory is used to explain the impact of dollar auctions in the parity between the Mexican peso and the US dollar to the period of January 2014 and March 2016. For this is considered the George Stigler model which explains how the prices are determined in markets with asymmetric information. The results suggest that the strategy of dollar auctions was one of several other factors affecting the price dispersion dollar during the study period.

* Profesor de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía, UNAM y Coordinador Académico de la Especialización en Economía Monetaria y Financiera de la misma institución. Correo electrónico: galfija@unam.mx

Palabras clave

*Economía de la información,
Mercado de divisas, Subasta de dólares*

Key words

*The economics of information, currency
market, dollar auctions*

JEL

D01, D83, E58, F31

Introducción

La economía de la información aborda los tópicos sobre los modelos de búsqueda, información imperfecta, selección adversa, modelos de señalamiento, modelos de revelación así como el diseño de mecanismos (Kreps, 1995 y Gould y Lazear, 2002) y fue reconocida como campo de conocimiento en la ciencia económica cuando se otorga el premio a los economistas estadounidenses George Akerlof (Universidad de Berkeley California), Michael Spence (Universidad de Stanford) y Joseph Stiglitz (Universidad de Columbia) por sus contribuciones para analizar la determinación de los precios en situaciones de incertidumbre y con asimetrías de información. En palabras del Comité del Premio Nobel (2001) los estudios de Akerlof, Spence y Stiglitz transformaron la manera de pensar de los economistas sobre el funcionamiento de los mercados.

Para el Comité del Premio Nobel (2001) el reconocimiento a la economía de la información tiene como antecedentes las contribuciones de los Nobel de economía de 1996 James Mirrlees y William Vickrey sobre la teoría de incentivos bajo información asimétrica en particular sus aplicaciones en diferentes áreas de la ciencia económica.¹ Entre las aplicaciones de la econo-

mía de la información se pueden encontrar en diversos campos de conocimiento como son: la economía laboral, economía monetaria y financiera, organización industrial, modelos de política fiscal, modelos de innovación tecnológica y recientemente se utilizan para desarrollar modelos de información en la economía ambiental y ecológica. Pero cabe señalar, la fortaleza de la economía de la información reside en su conjunción con la teoría de juegos para explicar el proceso de formación de los precios en los modelos de equilibrio general en escenarios determinísticos, continuos y estocásticos.

Los principales representantes de la economía de la información son: *i)* George Akerlof (1970) por demostrar como la información asimétrica puede dar origen a la selección adversa en los mercados cuando los oferentes y demandantes cuentan con información incompleta, *ii)* Michael Spence (1973) quién demostró cómo los agentes con información utilizan el señalamiento para contrarrestar la selección adversa y así aumentar la eficiencia de los mercados, y *iii)* Joseph Stiglitz en coautoría con Michael Rothschild (1976) demostraron que la autoselección a partir de los contrato de menú es una estrategia óptima para quienes carecen de información ya que les permitirá extraerla de quienes están mejor informados.

En este documento sólo se abordará el modelo de George Stigler² (1961) a fin dar una explicación de cómo los agentes pueden utilizar la economía de la información para interpretar a nivel determinístico el proceso de formación

¹ Hay que señalar la existencia previa de los trabajos de Ronald Coase, premio Nobel de economía 1991, quien es considerado el pionero en vincular la ciencia económica con el derecho. Su trabajo permitió construir los cimientos de la denominada teoría de los contratos y que ha sido reconocida, a través de los trabajos de Oliver Hart y Bengt Holmström, con el premio Nobel de economía 2016. Entre otros grandes aportes de Coase se encuentra el concepto costos de transacción, el cual es utilizado en la economía de la información para explicar en qué situaciones existe perdida de eficiencia cuando los agentes se enfrentan a la incertidumbre o a la información asimétrica. Coase en su artículo seminal de 1960, *The problem of social cost*, no sólo explica los costos de transacción sino que también, hace mención en cómo estos in-

fluyen en el proceso de formación de precios en los mercados. Actualmente Ronald Coase es uno de los principales exponentes de la economía institucionalista.

² George Stigler, Nobel de economía 1982, es considerado el pionero de la economía de la información y de la economía de la regulación, entre su obra destaca *The theory of Price* publicada en el año 1960, la cual es utilizada en diversos campos de la economía.

de precios en cualquier mercado. Para exemplificarlo se considera el mercado de divisas, en particular la paridad peso mexicano con el dólar estadounidense para el periodo comprendido de enero de 2014 hasta marzo de 2016. Este lapso temporal se caracterizó por un incremento significativo del precio del dólar al pasar de 12.84 a principios de 2014 hasta llegar a un máximo de 19.17 pesos por dólar en febrero de 2016.

En este periodo la autoridad cambiaria mexicana intervino en el mercado de divisas mediante el mecanismo de subastas a fin de estabilizar el precio de la moneda estadounidense y que este fluctuará alrededor de un precio mínimo. Sin embargo, dicha estrategia no permitió estabilizar el comportamiento del tipo de cambio, sino todo lo contrario, el valor del peso mexicano se depreció a niveles mínimos. Esto puso en evidencia que la intervención de la autoridad y su estrategia de subastas dólares a un precio mínimo condujo al mercado en una

situación de ineficiencia económica ya que los agentes tuvieron que incurrir a mayores costos por adquirir la moneda estadounidense.

De esta forma, la segunda sección se presenta el modelo de George Stigler quién describe el proceso de formación de precios a partir del denominado *proceso de búsqueda*, en donde los participantes de un determinado mercado deben adquirir costos adicionales para obtener información, ya sea para determinar el número de compradores o de vendedores y así poder vender o comprar el bien a un precio mayor. En la tercera sección se utiliza el marco de referencia de Stigler para explicar a partir de la estadística descriptiva el comportamiento del precio del dólar estadounidense con el fin de explicar que la intervención de la Comisión de Cambios para estabilizar el precio del dólar con respecto al peso mexicano conllevó a una ineficiencia económica debido a que los costos de transacción se elevaron entre los participantes en el mercado lo que produjo un incremento significativo del



precio de la moneda estadounidense. Por último se presentan los comentarios finales de tipo general.

El modelo de búsqueda de George Stigler

La teoría de la economía de la información se enfoca en dar explicación de cómo los precios se determinan a través de los costos de transacción³ en aquellos escenarios donde las empresas e individuos buscan información para tomar su decisión de venta o de compra. Lo anterior implica que en aquellos mercados donde la información es imperfecta los agentes incurren en costos adicionales por agregar nueva información a su función de utilidad conduciéndolos a un escenario de información asimétrica (Akerlof, 1970; Spence, 1973 y Rothschild y Stiglitz, 1976).

Los costos de transacción permiten a las empresas e individuos cambiar su percepción sobre la economía debido a la racionalidad de los agentes y cómo estos evalúan sus expectativas conforme incorporan nueva información en un ambiente incierto e intertemporal. De acuerdo a Stiglitz (2000) y Gould y Lazear (2002) la teoría de la economía de la informa-

³ Considerando los trabajos de Stigler (1952 y 1961), Coase (1960) y Rothschild y Stiglitz (1976). Durante el proceso de intercambio (compra y venta) de bienes o servicios, se asume que los agentes son racionales y responden al comportamiento o dispersión de los precios como mecanismo de corrección sin incurrir en costos adicionales. También los agentes tienen la certeza que ante las externalidades que pudieran ocurrir éstas se corregirán por si solas y no será necesaria la intervención del estado, ya que si este último interviene generará mayores costos que beneficios. De esta manera los costos de transacción se pueden definir como los costos que incurren los agentes por llevar a cabo el proceso de intercambio de bienes. Para el presente documento el proceso de búsqueda se le considera costo de transacción ya que los agentes deben incurrir a este tipo de costo para adquirir información adicional sobre el comportamiento de un determinado mercado.

Stigler asume que las empresas e individuos buscan optimizar sus costos de transacción para igualar los beneficios marginales por adquirir información adicional

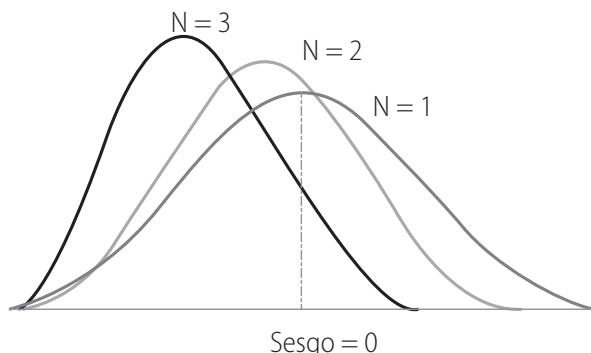
ción tiene sus orígenes en el artículo de George Stigler (1961) titulado *The Economics of Information*. Stigler asume que las empresas e individuos buscan optimizar sus costos de transacción para igualar los beneficios marginales por adquirir información adicional, ya que este es un recurso valioso si se conoce su valor y es utilizada de acuerdo a las preferencias de los agentes.

Es así que en aquellas situaciones donde existe información asimétrica los compradores y vendedores no conocerán tanto las preferencias como los precios de los demás participantes del mercado dando origen a un escenario de incertidumbre, por lo que los precios fluctuarán con una alta dispersión.⁴ Esta situación conlleva a los agentes buscar el precio que sea más favorable para ellos. El vendedor buscará el precio más alto para maximizar su ganancia. Mientras el comprador buscará el precio más bajo para maximizar su utilidad. Stigler (1961) llama a este proceso la naturaleza de la búsqueda donde

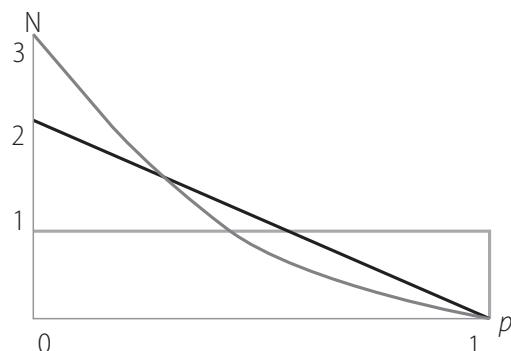
⁴ El término dispersión se refiere a la desviación estándar que se obtiene de la raíz cuadrada de la varianza de una muestra o población.

Gráfica 1 Distribución de los precios después de la búsqueda

Panel A. Distribución Normal



Panel B. Distribución Uniforme



Fuente: Figura tomada de Stigler (1961, pp. 215).

8

los vendedores y compradores incurren en un costo adicional para buscar los precios que son ofrecidos en el mercado seleccionando aquel que les reporte el máximo beneficio.

En el proceso de búsqueda los agentes agrupan y ordenan los precios de los productos (los cuales se consideran homogéneos) en una distribución de frecuencias a fin de conocer su dispersión. Stigler considera que la dispersión es una medida de ignorancia ya que los compradores no conocen los precios de las empresas que ofrecen el mismo producto y los vendedores no conocen cuál es el precio máximo y mínimo que los compradores están dispuestos a gastar por el mismo producto. Una vez que los agentes han concluido el proceso de búsqueda y han organizado su información en una distribución de frecuencia asignan a cada clase o nivel de precios su probabilidad asociada. Posteriormente los agentes podrán conocer los precios mínimos y máximos que son cotizados en el mercado. Este proceso les permitirá optimizar la función de utilidad esperada para cada nivel de precios y así conocer su máximo beneficio esperado.

De esta forma la selección del precio dependerá de su distribución de probabilidad en particular de su sesgo. Si los precios se distribuyen como una normal, Gráfica 1, probablemente tengan sesgo a la derecha indicando con ello la existencia de un mercado en donde interactúan un gran número de vendedores que ofrecen su producto cerca del precio mínimo.

En la Gráfica 1 panel A se muestra la distribución de los precios cuando hay 1, 2 y 3 vendedores en el mercado. Para el caso de un vendedor ($N = 1$) su distribución tiene sesgo cero, mientras en los casos donde hay dos y tres vendedores ($N = 2, N = 3$) la distribución presenta sesgo a la derecha. Es decir, si en un mercado hay poca competencia los precios de concentrarán alrededor de su media y el sesgo estará cercano al valor cero. En cambio, si la competencia es alta, los precios se sesgarán hacia la derecha aproximándose al precio mínimo o ubicándose por debajo del precio promedio. Si se asume que los precios se distribuyen de manera uniforme entre cero y uno, Gráfica 1 panel B (eje de las abscisas), la probabilidad

de que un comprador encuentre un precio mínimo, podrá maximizar su beneficio a través de la ecuación (1):

$$\boxed{[1 - F(p)]^n = \left[\int_1^p dx \right]^n} \quad (1)$$

La ecuación (1) representa la distribución acumulada de probabilidad para precios $F(p)$ con n búsquedas donde el precio mínimo, el precio promedio y la varianza del precio mínimo se obtienen a través de las ecuaciones (2, 3 y 4) respectivamente. Cabe mencionar que el precio promedio (o de mercado) es el punto óptimo cuando hay N vendedores.

$$\boxed{p_{\min} = n(1-p)^{n-1}} \quad (2)$$

$$\boxed{\hat{p} = \frac{1}{n+1}} \quad (3)$$

$$\boxed{\text{var}(\hat{p}) = \frac{n}{(n+1)^2(n+2)}} \quad (4)$$

Lo anterior permite observar que a medida que aumenta la cantidad de búsquedas, n , el beneficio que obtienen los vendedores decrece conforme disminuye el precio mínimo por debajo de su promedio. De acuerdo a Stigler (1961) esta situación se repite en la distribución normal. Ante esta situación habrá empresas que prefieran vender su producto por encima del precio promedio esperando que la dispersión de los precios conduzca a los compradores a seleccionar su producto.

Por otro lado, los compradores buscan ahorrar adquiriendo el producto a menor precio, para esto inician el proceso de búsqueda

para conocer el precio mínimo y el máximo, así como su dispersión. De esta forma los compradores parten del supuesto de que ellos ahorrán adquiriendo aquellos productos que se encuentran por debajo del precio máximo y por cada búsqueda adicional que realicen esperan encontrar uno menor y así aumentar su ahorro esperado, $E(s)$. La unidad adicional de ahorro, q , que desean obtener los compradores depende del tiempo que destinan en la búsqueda por encontrar el precio mínimo o el máximo, ecuación (5).

$$\boxed{E(s) = q \left| \frac{\partial p_{\min}}{\partial n} \right|} \quad (5)$$

La búsqueda sólo será obvia si el ahorro es grande. Entonces, conforme aumenta el número de búsquedas el ahorro esperado deberá ser mayor y esto a su vez implicará que la dispersión de los precios aumente. De esta forma se tiene que el costo de búsqueda para los compradores está en función al tiempo que ellos tardan en identificar a los vendedores y sus precios. Sin embargo, este costo no es necesariamente igual para todos los compradores ya que cada uno difiere en sus preferencias, su ingreso y en el tiempo que destinan a la búsqueda.

Por tanto, el nivel óptimo de búsqueda será el punto donde el costo marginal sea igual al ingreso esperado. Sin embargo, la búsqueda no siempre es eficiente, ya que el proceso de identificación de los vendedores o compradores no es conocido. Ante esta situación los agentes se verán obligados a dividir sus costos de búsqueda entre la porción de los posibles vendedores y compradores, por lo que el costo de búsqueda necesariamente debe incrementarse. Bajo estas condiciones los agentes tienen el incentivo de utilizar la publicidad o anuncios como mecanismo para identificar a los posibles compradores

y vendedores. A través de este tipo de estrategia se podría reducir los costos de búsqueda drásticamente, siempre cuando no sea oneroso o caro.

Stigler (1961) plantea como solución alternativa la incorporación de un intermediario que conozca las preferencias tanto del vendedor como del comprador, además del precio mínimo, máximo y promedio del producto que se está comercializando. De esta forma los vendedores y compradores tendrán a su disposición los diferentes precios y así discriminar aquellos que estén fuera de su función de utilidad dada sus respectivas restricciones. Bajo estas nuevas condiciones, cada intermediario podrá determinar el precio de venta y así fijar que cantidad de producto se vende al precio mínimo. Es decir, si los precios, p , que son fijados por el intermediario se distribuyen de manera uniforme, el número de compradores, N_i , que podrán adquirir el producto para este nivel de precios será:

$$N_i = kN_b n(1-p)^{n-1} \quad (6)$$

donde N_b indica el total de compradores en el mercado, mientras k es una constante y refleja el rango de dispersión de los precios. De acuerdo a la ecuación (6) el número de compradores, N_i , aumentará a una tasa creciente conforme los precios disminuyen. Lo anterior se describe en la ecuación (8) cuando $n > 2$.

$$\frac{\partial N_i}{\partial p} = -\frac{(n-1)N_i}{(1-p)} < 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 N_i}{\partial p^2} = \frac{(n-1)(n-2)N_i}{(1-p)^2} > 0 \quad (8)$$

Asumiendo, que los precios se distribuyen como una distribución uniforme y si estos se mantienen bajos, entonces se incrementará el número de búsquedas a medida que aumentan la cantidad de compradores que buscan un precio bajo, esto último se aprecia en la ecuación (10b) la cual se obtiene de aplicar logaritmo a la ecuación (6) y su posterior diferenciación. De la ecuación (10b) se deduce que para aquellos vendedores quienes mantienen precios altos sólo podrán vender un bajo volumen de su producto, ya que los compradores seleccionaran aquellos que ofertan precios bajos.

$$\ln(N_i) = \ln(k) + \ln(N_b) + \log n + (n-1)\ln(1-p) \quad (9)$$

$$\frac{1}{N_i} \frac{\partial N_i}{\partial n} = \frac{1}{n} + \ln(1-p) \quad (10a)$$

$$\frac{1}{N_i} \frac{\partial N_i}{\partial n} = \frac{1}{n} - p \quad (10b)$$

De acuerdo a Stigler (1961, pp. 217) si en el mercado existen tasas de retorno a escala constante, sus condiciones de igualdad implicarán que la diferencia entre compradores y los precios de venta serán constantes, permitiendo con ello que los precios de los vendedores sean estables (para cualquier distribución) y dependan sólo de sus costos. Sin embargo, esta condición no puede ser cumplida debido a la presencia de vendedores que buscan comprar barato y vender caro, garantizando así la maximización de su ganancia. Este tipo de vendedores no incurren en costos de búsqueda, por lo que sus precios se ubicarán por encima del precio promedio acompañado con un bajo volumen de ventas.

En cambio, los vendedores que ofrecen sus productos al mínimo precio o al precio promedio, la maximización de sus ganancias dependerá del volumen de ventas que les permita cubrir sus costos. De esta manera, un incremento de compradores que ofrecen su producto por debajo del precio promedio provocará una disminución de sus ganancias, por lo que existirán menos ofertas por debajo del precio promedio.

Análisis descriptivo

En esta sección se describe cómo la intervención de la Comisión de Cambios a través de la subasta de dólares pretendió estabilizar la paridad cambiaria entre el peso mexicano y el dólar estadounidense. Sin embargo esta acción generó que algunos participantes del mercado hayan preferido vender la divisa a un precio superior al precio fijado por la Comisión de Cambios generando así, un aumento en los costos de transacción y en consecuencia una mayor dispersión en el precio del dólar estadounidense.

De acuerdo a Frederich Mishkin (2004) e Ignacio Domínguez (2016), el tipo de cambio es el precio de una moneda respecto a otra que se determina en los mercados de divisas a través del intercambio de depósitos bancarios denominados en moneda extranjera y mediante operaciones sobre el mostrador (*over the counter*, OTC). De esta forma, cuando se lleva

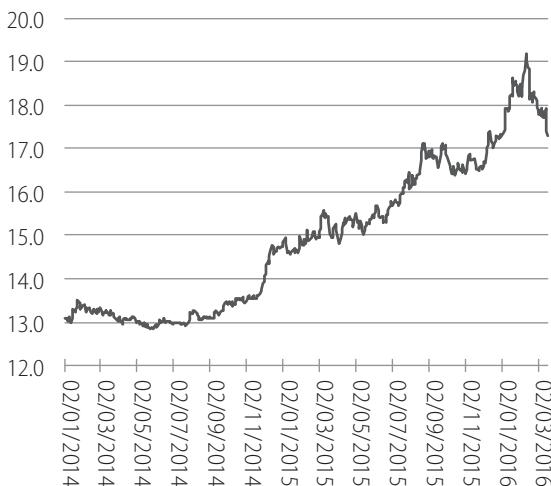
a cabo una transacción de compra o de venta en el mercado de divisas los participantes están negociando depósitos bancarios, en ningún momento se opera con billetes y monedas, donde el volumen de las operaciones determina el precio de la moneda. Es decir, los mecanismos de intercambio entre el volumen de negociaciones de una moneda frente a otras fijan su precio (oferta y demanda).

Para explicar cómo interactúan los participantes en el mercado de divisas se describen sus funciones y características. Las principales funciones de este mercado se encuentran (Mishkin, 2004 y Domínguez, 2016): *i)* transferencia de poder adquisitivo de un país a otro, *ii)* financiamiento de las operaciones a nivel internacional, y *iii)* los participantes pueden adquirir coberturas de riesgo sobre un determinado tipo de cambio o moneda. Mientras las principales características del mercado de divisas destacan: *i)* la información se difunde en tiempo real a todos los participantes del mercado, *ii)* a partir de la ley del precio único, las monedas se cotizan al mismo precio en cualquier lugar independientemente de la hora y lugar donde se lleve a cabo la operación. Esto hace que las monedas sean bienes homogéneos, y *iii)* transparencia en el proceso de negociación debido a la existencia de un gran número de participantes (oferentes y demandantes). Esto permite que el mercado de divisas opere a nivel global eliminando las restricciones de horario, así como el calendario de pago (o liquidación).

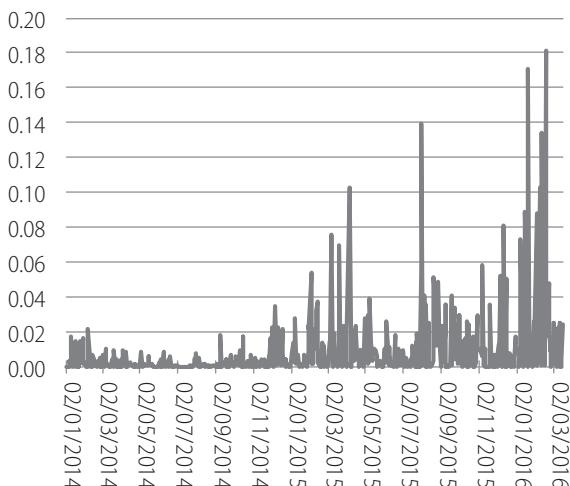
Gráfica 2

Evolución del precio del dólar estadounidense (Frecuencia diaria)

Panel A. Paridad pesos por dólar



Panel B. Varianza de la paridad pesos por dólar



Fuente: elaboración propia con datos de Banxico.

Lo anterior permite que este mercado opere bajo los supuestos de competencia y eficiencia. Donde el tipo de operaciones que se pueden llevar a cabo en el mercado de divisas son al contado, a plazo, a futuro y mediante opciones, siendo los bancos centrales, las entidades financieras, los intermediarios financieros directos e indirectos, los grandes inversionistas o empresas quienes tienen la capacidad económica y normativa para operar en este mercado.

A continuación se utiliza para los casos de una distribución normal y determinística el marco analítico de George Stigler (1961) a fin de describir el comportamiento de la paridad cambiaria entre el peso mexicano y el dólar es-

tadounidense para el periodo comprendido que va del 2 de enero de 2014 hasta el 18 de marzo de 2016. Durante este espacio temporal el precio del dólar estadounidense presentó una relativa volatilidad al fluctuar entre un precio mínimo de 12.84 y un precio máximo de 19.17 pesos por dólar, véase la Gráfica 2 panel A y Cuadro 1.

En los paneles A y B de la Gráfica 2 se aprecia como la paridad entre el peso mexicano y el dólar estadounidense inició después de septiembre de 2014 un periodo de alta varianza y en consecuencia una alta dispersión. Este comportamiento sugiere la existencia de un gran número de operadores financieros

Cuadro 1

Estadística descriptiva del tipo de cambio. Enero-2014 - marzo-2016

Parámetro	Período											
	2-ene-14 18-mar-16	2-ene-14 5-nov-14	6-nov-14 08-dic-14	09-dic-14 10-mar-15	11-mar-15 21-may-15	22-may-15	30-jul-15	31-jul-15	25-sep-15	28-sep-15 18-nov-15	19-nov-15 16-feb-16	17-feb-16 18-mar-16
Observaciones	560	214	22	62	48	50	40	36	61	28		
Mínimo	12.846	12.846	13.535	14.367	14.800	15.264	16.077	16.396	16.471	17.299		
Máximo	19.175	13.607	14.404	15.584	15.494	16.451	17.115	17.077	19.175	18.815		
Mediana	14.906	13.119	13.627	14.771	15.244	15.666	16.774	16.590	17.359	17.901		
Media	14.957	13.160	13.772	14.816	15.228	15.663	16.659	16.642	17.622	17.940		
Varianza	3.042	0.034	0.071	0.053	0.029	0.090	0.094	0.030	0.634	0.094		
Desviación Estándar	1.744	0.185	0.266	0.230	0.169	0.300	0.307	0.174	0.796	0.306		
Coeficiente de Variación	0.117	0.014	0.019	0.016	0.011	0.019	0.018	0.010	0.045	0.017		
Sesgo	0.430	0.500	1.104	1.126	-0.594	0.790	-0.377	0.598	0.183	0.533		
Curtosis	1.955	2.376	2.919	4.757	2.664	2.834	1.907	2.638	1.742	4.099		

Fuente: elaboración propia con datos de Banxico.

quienes ofrecen la moneda estadounidense a diferentes precios. Para explicarlo se utiliza la estadística descriptiva del Cuadro 1 donde se toma el precio del dólar para varios períodos temporales (o submuestras).

Para la selección temporal se consideró los siguientes aspectos: *i)* una muestra donde se considera todo el periodo de estudio, del 2 enero de 2014 hasta el 18 de marzo de 2016, *ii)* una submuestra para el periodo de baja dispersión, o de estabilidad, el cual fue del 2 de enero hasta el 5 de noviembre de 2014, en este intervalo el dólar se cotizó a un precio mínimo de 12.84 y un máximo de 13.60, *iii)* la siguiente submuestra del 6 de noviembre de 2014 hasta el 8 de diciembre de 2014 refleja el periodo en el cual la dispersión del precio del dólar se incrementó de manera significativa. En este periodo el precio de la moneda estadounidense pasó de un mínimo de 13.53 a un máximo de 14.40 pesos, *iv)* el 9 de diciembre de 2014 el gobierno mexicano a través de la Comisión de Cambios decidió implementar el mecanismo de subastas a fin de proveer de liquidez al

mercado cambiario y así reducir la dispersión en el precio del dólar. A partir de esta fecha hasta el 16 de febrero de 2016 la Comisión de Cambios realizó seis pronunciamientos de política cambiaria (véase Cuadro 2), cada uno tuvo como fin disminuir la dispersión del precio de la moneda estadounidense. Para analizar su efecto sobre la paridad peso-dólar se definen las submuestras subsecuentes donde su tamaño está en función a las fechas de que la Comisión de Cambios anuncia cambios en los mecanismos de las subastas en dólares.

Una vez definidas las submuestras del Cuadro 1 se obtienen los principales parámetros a partir de la estadística descriptiva. Los parámetros obtenidos indican que las subastas de dólares redujeron la dispersión del precio del dólar sólo en dos periodos: *i)* del 11 de marzo al 21 de mayo de 2015, y *ii)* del 28 de septiembre al 18 de noviembre de 2015. Mientras en las siguientes submuestras se observa un aumento significativo en la dispersión, en especial para el intervalo comprendido entre el 19 de noviembre de 2015 al 16 de febrero de

Cuadro 2

Comunicados de la Comisión de Cambios. Diciembre de 2014 - febrero de 2016

	Comunicado	Monto de la subasta diaria de dólares	Precio mínimo
9 diciembre 2014	Adopción de medidas preventivas para proveer de liquidez al mercado cambiario.	Subasta por 200 millones de dólares cuando el TC se deprecie más de 1.5%.	Tipo de Cambio FIX del día anterior hábil.
11 marzo 2015	Medidas adicionales para proveer de liquidez al mercado cambiario.	Se reduce el ritmo de acumulación de reservas internacionales para proveer liquidez al mercado cambiario. Del 11 de marzo hasta 8 de junio de 2015 se ofrecerán vía subasta diaria 52 millones de dólares. Se mantiene el mecanismo de subastas anunciado el 9 de diciembre de 2014.	Tipo de Cambio FIX del día anterior hábil. No hay precio mínimo en la subasta de los 52 millones de dólares diarios.
22 mayo 2015	Se mantiene las medidas implementadas en el comunicado del 9 de diciembre de 2014 y del 11 de marzo de 2015.	Se mantiene los mecanismos de subasta de dólares anunciados en los comunicados del 9 de diciembre de 2014 y del 11 de marzo de 2015.	Tipo de Cambio FIX del día anterior hábil. No hay precio mínimo en la subasta de los 52 millones de dólares diarios.
30 julio 2015	Se refuerza las medidas para proveer de liquidez al mercado cambiario.	El banco central subastará 200 millones de dólares diarios con precio mínimo cuando el TC se deprecie más de 1%. Para disminuir la probabilidad sobre las presiones en el mercado cambiario se aumenta el monto de la subasta de 52 a 200 millones de dólares diarios sin precio mínimo.	Tipo de Cambio FIX del día anterior hábil. No hay precio mínimo en la subasta de los 200 millones de dólares diarios.
28 septiembre 2015	Extensión de las medidas implementadas en comunicados anteriores para proveer liquidez al mercado cambiario.	Subasta de 200 millones de dólares diarios con precio mínimo cuando el TC se deprecie más de 1%. Subasta de 200 millones de dólares diarios sin precio mínimo.	Tipo de Cambio FIX del día anterior hábil. No hay precio mínimo en la subasta de los 200 millones de dólares diarios.
19 noviembre 2015	Ajuste de las medidas implementadas para proveer liquidez al mercado cambiario.	Se suspenden las subastas de 200 millones de dólares in precio mínimo. Se mantiene la subasta de 200 millones de dólares diarios con precio mínimo cuando el TC se deprecie más de 1%. De manera adicional el banco central convocará a una o varias subastas con precio mínimo. El monto de la subasta será de 200 millones de dólares cuando el TC se deprecie más de 1.5%.	Tipo de Cambio FIX del día anterior hábil. El precio mínimo de las convocatorias diarias será el Tipo de Cambio FIX del día anterior hábil incrementado 1%.
17 febrero 2016	Se suspende el mecanismo de subasta de dólares.		

Fuente: elaboración propia con base a los comunicados de la Comisión de Cambios, Banxico.

2016, en dicho periodo la dispersión del precio del dólar fue de 0.79, el coeficiente de variación fue de 0.045 (o del 4.5%), mientras el precio mínimo fue de 16.47 y el máximo de 19.17 pesos por dólar.

En la segunda sección se mencionó la existencia de vendedores que ofrecen su producto a un precio mínimo o por debajo del precio promedio (valor de la media en el Cuadro 1) obligando a los compradores iniciar el pro-

ceso de búsqueda del precio más bajo provocando que la distribución de los precios tenga sesgo a la derecha, véase Cuadro 1 y Grafica 3, esto a su vez incrementará el rango entre el precio mínimo y máximo como consecuencia a la existencia de vendedores que prefieren vender su producto por encima del precio promedio esperando que su ganancia provenga de un alto precio más por el volumen de su venta y sin incurrir en costos de transacción.

En el Cuadro 1 y en los paneles C, D, F, H e I de la Gráfica 3, la distribución de los precios tienen sesgo a la derecha. En estas submuestras reflejan en qué períodos las subastas de dólares a un precio mínimo no sólo redujeron el margen de las ganancias de los demás oferentes, sino también incrementaron los costos de transacción. Por otro lado, los paneles E y G se aprecia un sesgo a la izquierda en su distribución, probablemente su causa se deba que en estas submuestras las subastas no tuvieron el éxito deseado, ya que un número significativo de oferentes vendieron el dólar por encima de su precio promedio.

Se puede afirmar que las subastas provocaron un incremento en los costos de transacción para reducir el margen de las ganancias de quienes ofrecían el dólar por encima del precio promedio

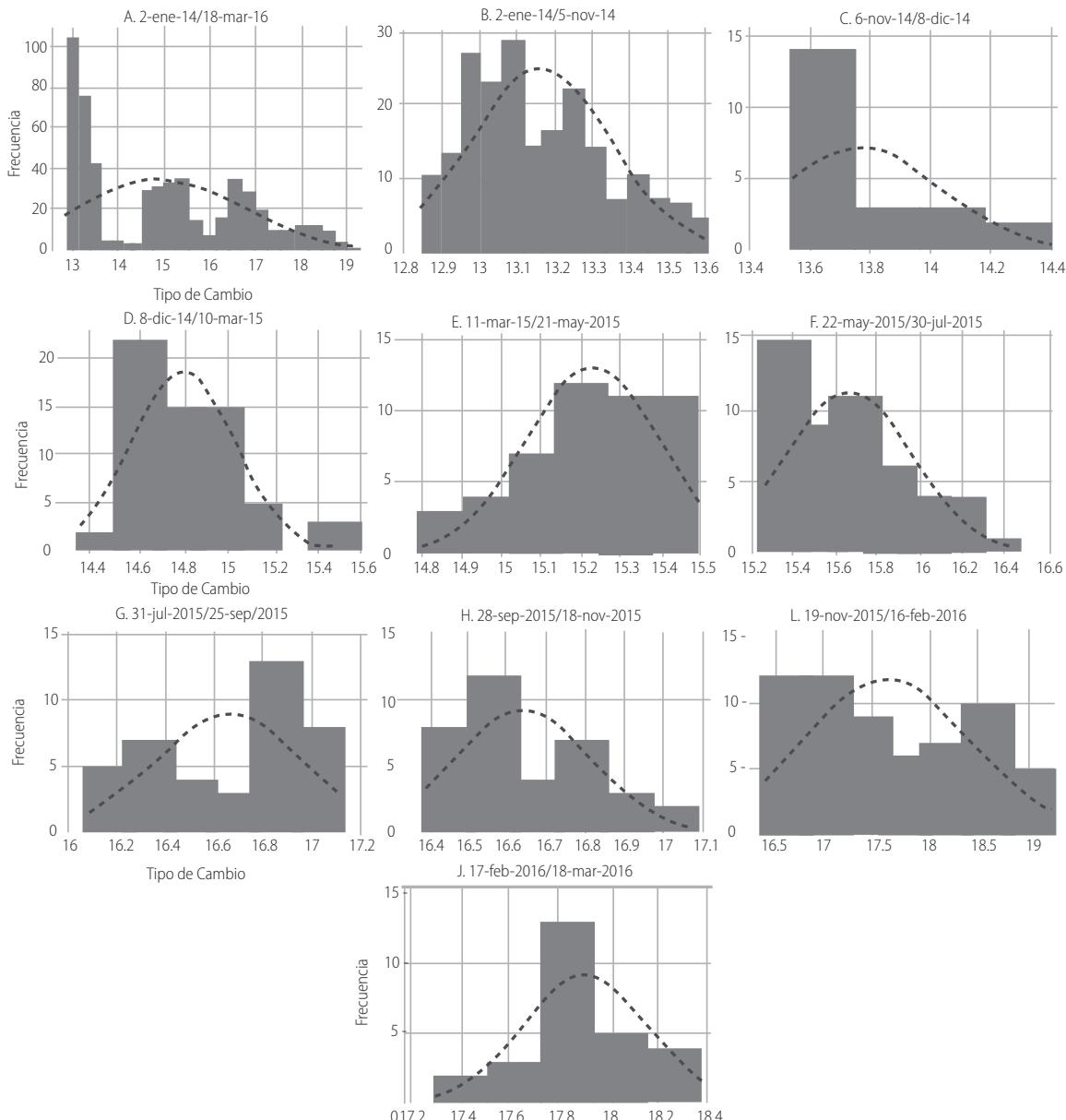
¿Qué buscaba lograr la Comisión de Cambios con las subastas de dólares? Al observar la distribución de los precios en los diferentes paneles de la Gráfica 3, así como los estadísticos del Cuadro 1, se establece la siguiente conjetaura, el objetivo de la política cambiaria que se siguió durante el periodo de estudio (8 de diciembre de 2014 a 16 de febrero de 2016) buscó que la subastas sesgarán a la derecha la distribución de los precios del dólar obligando a los vendedores que ofrecen al dólar a precio máximo desplazarse hacia el precio promedio. Una vez que los vendedores ofrecieran el dólar cerca del precio promedio su distribución se aproximará a una normal con sesgo cero.

De la Grafica 3, lo paneles B y J abarcan los períodos: *i)* 2 de enero de 2014 a 5 de noviembre de 2014, y *ii)* 17 de febrero de 2016 a 18 de marzo del 2016, ambos presentan una distribución que se aproxima a la normal y cuyos precios se centran alrededor de su media. En estos períodos tienen la peculiaridad de que no existieron intervenciones en el mercado cambiario a través de las subastas de dólares, por lo que la distribución de sus precios tiende a distribuirse de manera normal y sin vendedores que se concentren en los extremos de las colas ya que los costos de transacción se distribuyen también de forma normal.

Con esto último se puede afirmar que las subastas provocaron un incremento en los costos de transacción para reducir el margen de las ganancias de quienes ofrecían el dólar por encima del precio promedio buscando disminuir el precio de la moneda estadounidense. Sin embargo, estas intervenciones en el mercado cambiario más que reducir el precio del dólar, se incrementó de manera acelerada, al pasar de 14.4 (8 de diciembre de 2014) a 19.17 (11 de febrero de 2016) pesos por dólar. Por tanto, se puede concluir que las subastas fue uno de otros factores que fomentaron la especulación y depreciación sobre la moneda mexicana.

16

Gráfica 3 Distribución de frecuencias del tipo de cambio



Fuente: elaboración propia con datos de Banxico.

Comentarios finales

Los indicadores de diversidad y especialización usando patentes como se expuso, pueden representar parte de la historia de un sector tecnológico de baterías. El trabajo presentó dichos indicadores tomando como fuente las patentes de Estados Unidos, en específico del sector tecnológico de baterías. Asimismo, se añade una interpretación a través de los conceptos de exploración y explotación tecnológica añadiendo un análisis de la historia de dicho sector. De hecho el trabajo es una metodología del estudio de la diversidad de los sectores tecnológicos a través de las patentes, con una perspectiva de los sistemas complejos, desde en un procesos combinatorial.

Por el lado del estudio de caso, se ha mostrado que las baterías en realidad han incrementado su diversidad de forma sustancial desde los años noventa, y que esto no ha sido lineal, sino han surgido algunas etapas bien marcadas. Además hasta 2010 emergió un proceso de exploración. Por lo anterior abona a los estudios de indicadores de tecnología desde una interpretación histórica.

Por último, se agrega que en este trabajo no se agregan causas más profundas del crecimiento de la diversidad, como el movimiento de los ciclos económicos que pudieran afectar el cambio de la diversidad en períodos de tiempo largos, sin embargo, parece que la última revolución tecnológica de las tecnologías de la información pudiera incidir en el crecimiento acelerado de los últimos años. Este tema queda abierto como una línea de trabajo.

Bibliografía

Akerlof, George (1970), “The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 84, núm. 3, agosto, pp. 488-500.

Banco de México, Comunicados de Política Cambiaria, varias fechas. URL: <http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiario/comunicados-de-prensa/otros-comunicados-de-politica-monetaria/indexpage.html>

Coase, Ronald (1960), “The problem of social cost”, *Journal of Law and Economics*, vol. 3, octubre, pp. 1-44.

Comité del Premio Nobel (2001), “Markets with Asymmetric Information”, octubre, URL: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2001/advanced-economicsciences2001.pdf

Domínguez, Ignacio (2016), Mercado de Divisas, URL: <http://www.expansion.com/diccionario-economico/mercado-de-divisas.html>

Gould, John y Edward Lazear (2002), *Teoría Microeconómica*, FCE, México, pp. 797-831.

Kreps, David (1995), *Curso de Teoría Microeconómica*, McGraw-Hill, México, pp. 519-644.

Mishkin, Frederic (2004), *The Economics of Money, Banking, and Financial Markets*, 7^a Ed. Addison Wesley, USA, pp. 435-486.

Spence, Michael (1973), “Job Market Signalling”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 87, núm. 3, agosto, pp. 355-374.

Stigler, George (1952), *The theory of price*, MacMillan Company, New York, URL: http://krishikosh.egranth.ac.in/HD/common/split_document.jsp?doc=45336.pdf1/2024167/1/

_____, (1961), “The Economics of Information”, *Journal of Political Economy*, vol. 69, núm. 3, junio, pp. 213-225.

Stiglitz, Joseph (2000), “The Contributions of the Economics of Information to Twentieth Century Economics”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 115, núm. 4, noviembre, pp. 1441-1478.

Rothschild, Michael y Joseph Stiglitz (1976), “Equilibrium in Competitive Insurance Markets: An Essay on the Economics of Imperfect Information”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 90, núm. 4, noviembre, pp. 629-649.

Estadística de las trayectorias más exitosas en el juego de minorías

Statistics of the most successful careers in the minority game

Germán Medina Pérez*

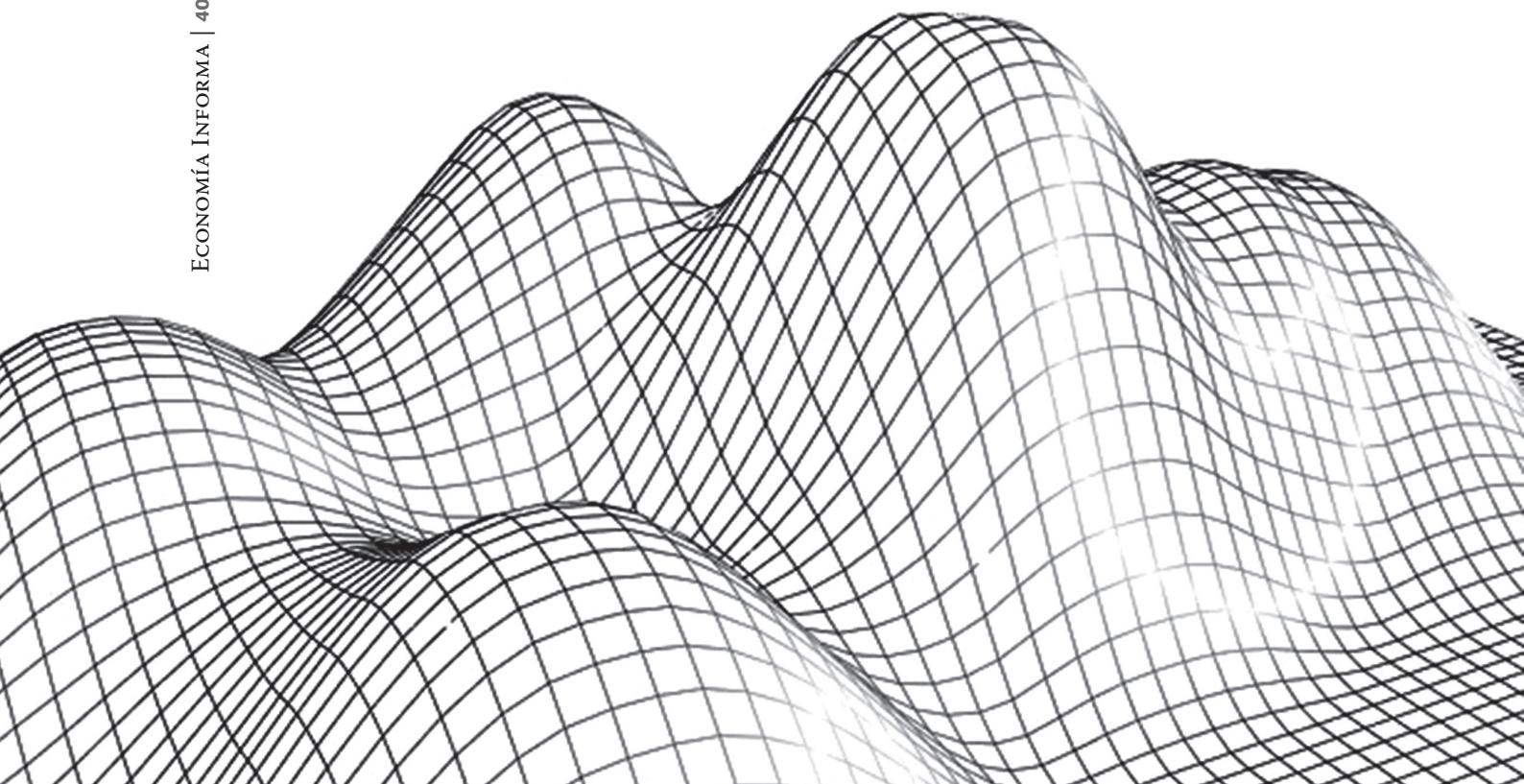
Palabras clave

*Teoría de juegos, juegos no cooperativos,
teoría de la negociación*

Key words

*Games Theory, Noncooperative Games,
Bargaining Theory*

* Profesor de asignatura de métodos cuantitativos FE UNAM. Sus líneas de investigación son econofísica, sistemas complejos, economía de los recursos naturales y estadística aplicada. Correo electrónico: iermanmedina@gmail.com



Resumen

El presente trabajo considera el problema de decisión planteado por el economista Brian Arthur del bar "El Farol"[1]. A partir de él se desarrolló el algoritmo computacional que simula el problema de decisión en el que incurren un número grande de agentes racionales, mejor conocido como el juego de minorías. El juego de minorías resulta ser un problema de teoría de juego que exhibe la competencia en el tiempo que existe entre agentes racionales adaptativos. La complejidad que caracteriza al problema surge del hecho de que los gentes no interactúan directamente entre sí, sino a través de un entorno cerrado común creado por ellos mismos. Además de reproducir los resultados más citados del mismo, simulamos un conjunto de "juegos mixtos" con el fin de contrastar diferentes memorias para así determinar con cuál de ellas los agentes que participan en el juego obtienen un mejor desempeño o mejores ganancias a través del tiempo. Así también, estudiamos sus propiedades estadísticas, más específicamente, la distribución estadística que las ganancias de los jugadores exhiben en el tiempo.

Abstract

The present paper considers the decision problem of the bar "El Farol", posed by the economist Brian Arthur. From which the computational algorithm that simulates the decision problem with a large number of rational agents was developed, best known as the game of minorities. The game of minorities turns out to be a problem of game theory that exhibits the time competition that exists between adaptive rational agents. The complexity that characterizes the problem arises from the fact that people do not interact directly with each other, but through a common closed environment created by themselves. In addition to reproducing the most cited results of the same, we simulate a set of "mixed games" in order to contrast different memories to determine in which of them the agents involved in the game get better performance or better gains over time. So we study their statistical properties, more specifically, the statistical distribution that players' earnings exhibit over time.



1. Introducción

El “juego de minorías” surge del famoso problema del bar “El Farol” ubicado en Santa Fe, nuevo México. La anécdota del bar “El Farol” de la que se generaliza el juego se plantea la pregunta, considerando que el bar es un espacio fijo y de dimensiones modestas, de qué tan satisfactoria puede ser una velada en él cuando la mayoría de las personas asisten al mismo. Evidentemente, si el lugar está repleto la velada no será nada grata y convendrá mejor quedarse en casa o acudir a otro sitio. Por el contrario, si el lugar no está repleto, será buena elección ir al bar.

En ese sentido, el problema del bar el “El Farol” consiste en saber cuántos deciden ir al bar para así poder tomar una decisión. Sin embargo, lo anterior es imposible de saber, por consiguiente, no existe una manera a priori de saber si al bar asistirá una minoría o una mayoría para entonces decidir ir o no ir. Cuando la mayoría decidió ir al bar, la mejor elección que cualquier asistente en el bar pudo haber tomado era la de no haber asistido, mientras que cuando una minoría asistió, la elección que proveía la mayor satisfacción era la de asistir al bar.

En términos del bar “El Farol”, la manera en que cada asistente toma su decisión, tomando en cuenta que ninguno le comunica a los demás acerca de ella y que la única información en común que tienen a sus disposición para consultar es el historial del número de asistentes al bar en semanas pasadas, consiste en tratar de deducir el comportamiento y la decisión que los demás pueden llegar a tomar acerca de ir o no ir al bar. Al respecto, en los mercados financieros se suele considerar la *hipótesis de los mercados eficientes* (EMH), que establece que un mercado es eficiente si:

1. Todos los agentes son racionales y siempre tratarán de maximizar su ganancia.
2. La información está disponible para todos los agentes y los precios reflejan toda la información existente.
3. No hay costos de transacción.

En la realidad, aun cuando hoy en día el uso de las computadoras facilita en mucho la obtención y acceso de la información, no siempre se tiene acceso a toda. Lo anterior hace que los agentes traten con información parcial o incompleta. De ahí que la EMH contempla 3 acepciones: la débil, la semifuerte y la fuerte. Sin embargo, aun cuando los individuos no se enfrentan a un problema de acceso a la información, el principal problema tiene que ver con la asunción del comportamiento racional y deductivo sobre los agentes. Como se desarrolla en [2], en la práctica los humanos no pueden lidiar o hacer frente a un exceso de información (completa o no), lo que implica que su racionalidad queda delimitada o rebasada por el grueso de información que tiene a su disposición y que su capacidad de análisis puede llegar a procesar, con ello su capacidad de hacer elecciones “óptimas” se torna más hacia elecciones “satisfactorias”. En ese sentido, en lugar de tomar decisiones deductivas, los humanos se comportan más como inductivos, esto es, constantemente se encuentran construyendo nuevas hipótesis que prueban, siendo algunas desechadas y otras no debido a su grado de efectividad, con ello el reconocimiento de patrones o decisiones se torna más hacia una toma de decisión más inductiva.

Supongamos, sin embargo, que una sola persona tiene un don para la deducción. Él no puede nunca tomar una decisión racional, porque otras personas no se comportan racionalmente. Por lo tanto, la mayoría de los problemas en la economía están mal planteados, y la

racionalidad limitada, ante tales restricciones, la inducción es más adecuada que la racionalidad para resolverlos.

En el problema del bar es justo este tipo de racionalidad con la que se asume los agentes del juego toman sus decisiones. En el “juego de minorías” la única información relevante, y que está totalmente disponible para cada uno de los agentes que conforman el sistema, es la asistencia pasada en el bar (*i.e. attendance*), la cual puede no ser suficiente para tomar una decisión racional; por otro lado, se asume que los agentes no se conocen, por lo cual no pueden intercambiar información entre ellos. Aunado de esto, ellos no pueden estar completamente seguros si los otros se comportaran de forma racional.

Más allá de la abstracción y pérdida de tiempo que algunos les podría parecer, el problema del bar “El Farol” es uno de esos que se inscribe en el terreno de los sistemas complejos, en particular esta nueva tendencia académica-científica que pertenece a la complejidad y que comúnmente se alude a ella como *Econofísica*.

La *Econofísica* [3] aplica el formalismo de la Física Estadística en la descripción de los sistemas financieros. Comúnmente cuando uno estudia los sistemas económicos es posible tener una apreciación de la esfera macro y micro. Sin embargo, es casi imposible tener un algoritmo o relación matemática que describa el comportamiento e interacción de cada una de las partes que constituye el sistema económico total. Conceptos propios de la Física Estadística como dinámica estocástica, transiciones de fase, correlaciones de corto y largo alcance, procesos de Levy, por solo mencionar algunos, parece ser que permiten, aun cuando no se tiene una apreciación certera del comportamiento de cada individuo que conforma el sistema económico, un entendimiento en mayor

Nel caso de los mercados financieros se puede considerar al precio como una cantidad macroscópica que fluctúa como resultado de las interacciones entre los agentes

21

alcance que el que ofrece el ortodoxo del comportamiento global de los sistemas económicos de acuerdo a su naturaleza compleja.

El problema del bar “El Farol” se puede reinterpretar, formalmente, en términos de este nuevo enfoque *Econofísico*, como aquel que se presenta en los mercados financieros cuando un número grande de individuos se encuentra ante la decisión de comprar una acción. En el caso de los mercados financieros se puede considerar al precio como una cantidad macroscópica que fluctúa como resultado de las interacciones entre los agentes.

Desde el terreno de los mercados financieros la forma en la que el precio de una acción se fija muchas de las veces implica un desarrollo matemático arduo e ingenioso para resolver la ecuación diferencial estocástica que determina el precio, otra posibilidad sería la de modelar el comportamiento de los agentes a un precio definido y con ello mostrar la interacción que hay entre el comportamiento de los individuos y las propiedades macroscópicas que de tales interacciones emergen.

Considerando esta última alternativa, lo que procede a continuación es la definición y modelación del “juego de minorías” desde su acepción más simple y con ello la caracterización estadísticas de los agentes del juego, posteriormente introducimos una variante del “juego de minorías”: los “juegos mixtos”, con los cuales se pretende acotar la memoria “óptima” para los agentes que participan en el juego.

2. El juego de minorías

El “juego de minorías” es un modelo de características adaptativas que estudia la dinámica en el tiempo de la toma de decisiones en un conjunto considerablemente grande de individuos que forman parte del mismo sistema.

La formación original del problema del “juego de minorías” fue desarrollado por D. Challet y Y. C. Zhang [4]. En el presente trabajo contextualizamos el juego de minorías en un escenario financiero, donde cada uno de los individuos debe tomar una decisión de dos únicas posibles: invertir o no invertir. Cada agente que participa en el juego tiene a su disposición un conjunto de **estrategias**, que bien podrían asociarse a los esquemas mentales o reglas de comportamiento que ellos utilizan para hacer una elección. Cada una de estas **estrategias** tiene un **score** que evoluciona en el tiempo, lo cual les provee las cualidades adaptativas a los agentes, con base a lo que les sugiere su estrategia con mayor **score** es que los agentes deciden si invierten o no invierten.

Para cada paso de tiempo del juego hay un segmento de los individuos que si su decisión es la que la minoría eligió entonces obtendrá un peso de ganancia, mientras que aquellos que su decisión resulta ser la que toma la mayoría pierde un peso. En ese sentido la decisión menos numerosa es la ganadora, de ahí el nombre del juego. El juego asume que cada individuo del sistema decide tomando en cuenta el **attendance** de las semanas pasadas en conjunto con la informa-



ción contenida en sus **estrategias** de decisión, y que no hay información que se filtre acerca de ellas entre los jugadores, en ese sentido es un problema iterado del dilema del prisionero de la teoría de juegos. Cada estrategia del conjunto de **estrategias** de cada jugador que predice la decisión de la minoría en cada paso de tiempo es valorada en un peso más, en caso contrario pierde valor en un peso.

El número de datos pasados del **attendance** que cada individuo que participa en el juego puede recordar es una variable que en el juego se denomina **memoria**. La **memoria** es la variable que le provee las características adaptativas al juego. Una vez que se fija el tamaño de la memoria y que se tiene el nuevo dato del **attendance**, la **memoria** elimina el dato más pasado del **attendance** e incorpora el más reciente, actualizándose así para cada paso del tiempo y quedando el tamaño de la memoria en el que fue fijado al inicio del juego.

3. Formulación del juego de minorías: la memoria, las historias y las estrategias

El sistema está constituido por N individuos. Cada uno de los individuos posee un conjunto de $S \geq 2$ **estrategias**, de las cuales puede hacer uso para tomar su decisión en cada paso de tiempo acerca de invertir o no invertir.

Cada estrategia de cada individuo está constituida por un cierto número b de historias. El tamaño de historias que definen a las distintas estrategias de los agentes que participan en el “juego de minorías” depende del valor de la **memoria** que se elige inicialmente.

En el problema original se asigna un valor común para todos los jugadores. La mayoría de los artículos que tratan el problema eligen el valor de $m = 2$, del mismo modo lo hacemos nosotros. Lo anterior tiene que ver con que, además de ser el caso más sencillo tanto en términos de comprensión del problema como en términos de cálculo computacional, el juego ya exhibe sus propiedades de *inductividad* en la toma de decisiones y *adaptabilidad* de la estrategia. Sin embargo, para algunas simulaciones y obtención de resultados variamos dicho parámetro.

La forma en la que la **memoria** determina el tamaño de las historias de una estrategia es de gran importancia para la comprensión del juego. En términos de las **estrategias**, cada historia sugiere una decisión que puede ser invertir o no invertir.

Para efectos de la modelación hicimos una identificación binaria del par de decisiones posibles de las siguiente forma: invertir → 1 y no invertir → 0. Si pensamos a la **memoria** como un conjunto de cajas en las que se puede colocar 2 cosas, en este caso 1 o 0, cuando se fija $m = 3$, tendremos tres cajas; en cada caja se pueden colocar 0 1 o 0, por tanto el número total de historias en este caso sería $2^3 = 8$. De esta forma, las posibles longitudes de historias de cada estrategia están dadas como 2^m , esto es, $b = 0, 1, 2, 3, \dots, (2^m - 1)$.

Una **estrategia** queda definida cuando se ha fijado el valor de la **memoria**, el cual, como hemos visto más arriba, determina el tamaño de historias de la **estrategia**, y, además, cada **estrategia** a final de cuentas le sugiere a cada

jugador si invierte o no invierte. Entonces podemos definir una **estrategia** como una función que va del conjunto $\{0, 1, \dots, 2^m - 1\} \rightarrow \{0, 1\}$. Por tanto el número total de estrategias es de 2^{2^m} . A continuación mostramos cómo está constituida una estrategia para el caso en que $m = 3$.

Tabla 1

Vector memoria M (binario)	Historia (decimal)	Decisión	Calificación
000	0	0	10
001	1	1	
010	2	0	
011	3	1	
100	4	1	
101	5	0	
110	6	1	
111	7	1	

La columna 1 de la tabla se refiere al vector memoria, que es el total de posibles permutaciones de los elementos 1 y 0 dado m . La segunda es la relación entre binario y decimal del total de historias de la estrategia. La columna 3 es la decisión que implica cada historia de la estrategia. Por último, la columna 4 muestra el puntaje o score de esta estrategia en particular.

En la tabla 1 tenemos que al ser $m = 2$, nuestra estrategia tendrá 8 historias. Es decir, hay 8 formas distintas de decir invertir o no invertir, de acuerdo a cada historia de esta estrategia en particular, además le hemos etiquetado su **score**, que representa el “valor monetario” de dicha estrategia. Como detallaremos a continuación, el hecho de que en todo paso de tiempo cada participante del juego puede calificar cada una de sus estrategias de decisión, independientemente de que haya o no usado esa estrategia en particular para tomar su decisión, le brinda la sistema características adaptativas. En otras palabras, los agentes siempre están adaptándose al mejor escenario financiero con base a su estrategia más exitosa.

4. La estrategia más exitosa y el *attendance*

Supongamos que cada individuo que participa en el juego de minorías posee una memoria de $m = 3$ y un total de 5 estrategias, esto implica que tendrá a su disposición 5 estrategias como la que se mostró en la sección anterior, con la única diferencia de que la columna de decisiones será diferente en cada una de ellas, así como la calificación de ellas.

La estrategia más exitosa S_{max} es aquella que tiene la mayor calificación en cada paso de tiempo. Recordemos que cada estrategia S de cada jugador gana un punto (*i.e. payoff*) en cada paso de tiempo τ siempre y cuando la decisión de la historia h en cuestión que sugiere cada estrategia sea la decisión que eligió la minoría de los N individuos para el paso de tiempo actual, en caso contrario se les resta un punto. La decisión correcta (*DC*) o decisión de la minoría se determina en cada paso de tiempo τ del juego, una vez que se contabilizan las decisiones de cada uno de los agentes, es decir, cuantos eligieron invertir y cuantos eligieron no invertir.

El ***attendance*** $A(\tau)$ contabiliza la decisión que tomo cada uno de los jugadores de la siguiente forma:

$$\overbrace{A(\tau) = \sum_{k=1}^N I_k(\tau)} \quad (4.1)$$

donde $I_k(\tau)$ es la decisión, 1 o 0, que el k -ésimo individuo elige de su estrategia más exitosa al tiempo τ . Por ejemplo, si tenemos un juego en el que $N = 101$ y $\tau = 2$ y al final 51 de los agentes eligen invertir (1) y los restantes 50 eligieron no invertir (0), tenemos que, de acuerdo a (4.1), el valor del ***attendance*** será $A(2) = 51$. Como veremos más adelante, a partir de la variable $A(\tau)$ podemos determinar la decisión de la minoría en cada paso de tiempo.

5. Vector calificaciones, vector ganancia y vector memoria

El vector de calificaciones es una matriz de $N \times S$ en el que se contabiliza el historial de la calificación de la S -ésima estrategia del N -ésimo jugador en cada paso del tiempo. En términos de notación lo identificamos como $\tilde{Cal}[N, S]$ y al igual que las **estrategias**, en cada paso de tiempo se le suma (o resta) un punto (*i.e. ganancia*) a cada uno de los N individuos que conforman el sistema y que su decisión tomada corresponde (no corresponde) con la de la minoría. En ese sentido, $Gan[N, S]$ contabiliza la ganancia o pérdida de cada agente que participa en el juego en cada paso de tiempo.

Por otro lado, el vector memoria es una cadena binaria de longitud m . Supongamos que se establece para un juego que el tamaño de la memoria sea de 3 pasos, en ese caso se tiene el siguiente arreglo:

Tabla 2

Representación del vector memoria cuando $m = 3$, así como el número de historia que implica cada elemento de M .

\vec{M}	Historia
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

De la tabla 2 observamos que al fijar m , el tamaño del vector \vec{M} queda inmediatamente definido y con ello tenemos 2^m formas distintas en una misma estrategia de decidir invertir o no invertir. Como al inicio del juego alguna de las entradas de \vec{M} es elegida de manera aleatoria,

será este componente el que fija la condición inicial de la decisión financiera que cada jugador debe de tomar en el tiempo inicial $\tau=1$.

6. Inicialización y dinámica del juego de minorías

Los partidos que definen al juego de minorías son: N , S y m . Una vez elegidos los valores de los parámetros se crea la matriz tridimensional booleana¹:

$$\overbrace{Dec[N, S, h]} = \begin{cases} 1 & \text{si } x_{rand} > 0.5 \\ 0 & \text{si } x_{rand} \leq 0.5 \end{cases} \quad (6.1)$$

donde x es un número pseudoaleatorio que está en el intervalo $[0, 1]$. La matriz en (6.1) define la decisión financiera: invertir o no invertir, de cada agente, en cada historia, de cada una de sus estrategias. La decisión que corresponde a cada historia de cada estrategia inicialmente se elige de manera aleatoria; sin embargo, cada que se inicia un nuevo juego la matriz en (6.1) es diferente. Una vez que fueron asignado los valores para las variables principales del juego, se inicializan los vectores $\tilde{Cal}[N, S] = 0$ y $\tilde{Gan}[N, S] = 0$.

En $\tau=1$ se elige de forma aleatoria la configuración inicial del vector memoria, una vez que se tiene el vector memoria M , según sea el paso m , se mapea la historia que implica dicho vector y , por tanto, cada uno de los individuos consulta cada una de las estrategias y elige la decisión que le sugiere su estrategia más exitosa. Puesto que en $\tau=1$ la calificación de cada una de las estrategias S de cada uno de los individuos es cero, entonces cada uno de los individuos elige por simplicidad su primera estrategia, ya que le es indiferente elegir de entre el total de sus

estrategias si todas inicialmente valen cero. Para el final del tiempo $\tau=1$, puesto que ya todos los individuos que participan en el juego han tomado su elección financiera, tendremos que la decisión correcta puede haber sido 1 o 0. ¿De qué depende cual sea la decisión correcta? Como lo referimos más arriba, simplemente del hecho de que haya elegido la minoría de los N agentes. Si la minoría eligió 1, la decisión correcta es 1, de lo contrario, es 0.

Haciendo uso de la ecuación (6.1) podemos determinar cuál fue la decisión que tomo la minoría de la siguiente manera:

$$\overbrace{DC} = \begin{cases} 1 = & \text{invertir si } (2 * A(\tau) - N) < 0 \\ 0 = & \text{no invertir si } (2 * A(\tau) - N) > 0 \end{cases} \quad (6.2)$$

Para mostrar el uso de (6.2), por ejemplo, consideramos el caso más sencillo en el que tenemos un juego donde el número de participantes es $N = 5$. Los posibles escenarios que podrían presentarse serían:

- a) Todos los individuos deciden invertir. En otras palabras todos los agentes eligen 1, por tanto la decisión correcta en dicho paso de tiempo era elegir no invertir, esto es, elegir 0. De presentarse tal escenario tendríamos que $(2 * A(\tau) - N) = 5 > 0$ de ahí entonces que la decisión correcta sea $DC = 0$.
- b) Todos los jugadores deciden no invertir. En tal caso todos los individuos eligen 0, y tendremos que $(2 * A(\tau) - N) = -5 < 0$, por tanto la decisión correcta era $DC = 1$.
- c) Tres de los 5 jugadores deciden invertir mientras que los dos restantes deciden no invertir, entonces la decisión que toma la minoría es no invertir. En tal caso tendremos que $(2 * A(\tau) - N) = 1 > 0$, por tanto $DC = 0$.
- d) Tres de los 5 jugadores deciden no invertir y los 2 restantes deciden invertir. En tal caso tendremos que $(2 * A(\tau) - N) = -1 < 0$, por tanto la decisión correcta era $DC = 1$.

¹ Una matriz booleana es una matriz cuyas componentes o entradas son ceros y unos.

Finalmente, la forma en que se actualiza la memoria para los siguientes pasos de tiempo en los que se desarrolla el juego consiste en tomar en cuenta la decisión correcta en cada paso de tiempo. Por ejemplo, si $m = 3$ y en el tiempo $\tau = 1$ el elemento que se elige del vector \vec{M} de acuerdo a la tabla 2, es el 101, y asumiendo que en dicho paso de tiempo $DC = 1$, entonces el nuevo elemento del vector \vec{M} al tiempo $\tau = 2$ será 011, así para cada paso del juego.

Una vez que se tiene el nuevo elemento del vector memoria para el tiempo $\tau + 1$, entonces el juego de minorías es un proceso iterativo en el que las condiciones anteriores descritas se deben cumplir en cada paso de tiempo.

7. Resultado del juego de minorías

La primera parte del desarrollo del modelo se centró principalmente en reproducir los resultados más citados en la literatura acerca del juego de minorías, de tal forma que estos sirvieran para calibrar y dar consistencia a nuestro código y simulaciones y así fundamentar los resultados propios acerca de la distribución que exhiben las ganancias de los jugadores, así como los resultados que se refieren a los “juegos mixtos”.

Attendance

El término ***attendance***, como se vio en la sección 4, es la variable que en el juego está relacionada con la suma de las decisiones que cada agente que participa en el juego toma en el tiempo: invertir (1) o no invertir (0). La variable ***attendance*** ayuda a determinar la decisión que la minoría tomó al consultar su estrategia más exitosa en cada paso de tiempo. A partir de nuestro modelo pudimos obtener los siguientes resultados que muestran el ***atten-***

dance para un juego en el que los parámetros principales se fijaron de acuerdo a [5], con $N = 301$ y 500 pasos de tiempo.

La gráfica 1 exhibe la suma total para cada tiempo de las decisiones que cada uno de los 301 jugadores toma durante los 500 pasos de tiempo. Observemos que, en efecto, el valor promedio en torno al que oscila el ***attendance*** se encuentra en 155 (línea verde), que prácticamente viene siendo el 50 por ciento del total de agentes que participan en el juego.

Además, considerando que las decisiones que se toman en el juego son simétricas y con la misma probabilidad de que sucedan, es de esperar que $\langle A(\tau) \rangle = \frac{N}{2}$. En cuanto a la notación estadística que se emplea, $\langle \dots \rangle$, representa el promedio en el tiempo, mientras que $\langle \dots \rangle$ representa el promedio con respecto a las realizaciones del juego.

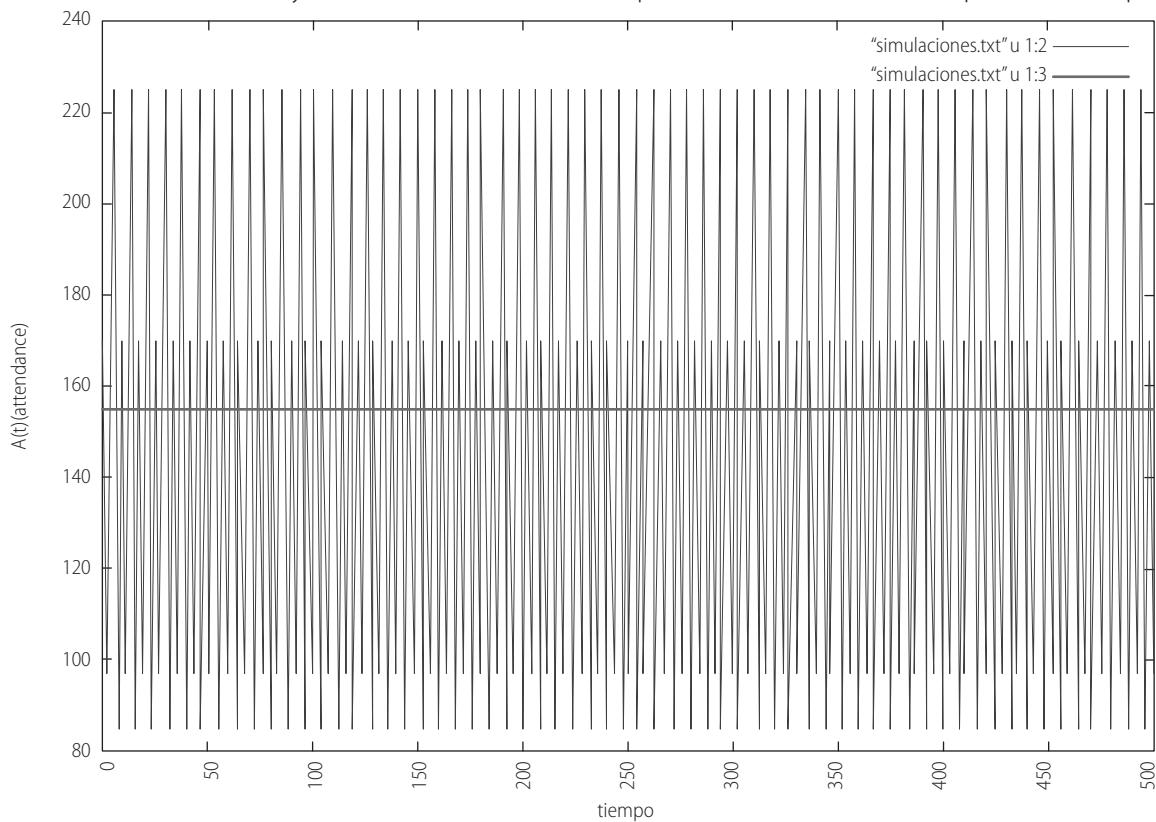
Puesto que el número total de agentes N se elige por convención como impar, la parte minoritaria siempre puede determinarse, con lo cual se observa que el número de agentes que ganan en el juego siempre es menor al número de agentes que pierden en el juego, lo que implica que el juego de minorías es un ***juego de suma negativa***. A continuación presentamos la misma gráfica manteniendo constantes los parámetros N y S , pero ahora el valor de la memoria se fija en $m = 5$ y $m = 19$.

De las tres gráficas anteriores se puede observar que a medida que aumenta el tamaño de la memoria en el juego, el rango o amplitud de las oscilaciones que registra el ***attendance*** parece disminuir.

Observamos el comportamiento de cada una de ellas. La gráfica con $m = 2$ presenta un patrón de fluctuaciones periódicas que barren aproximadamente el intervalo $\{90, 220\}$ y con una promedio de 155.006. La gráfica que si-

Gráfica 1

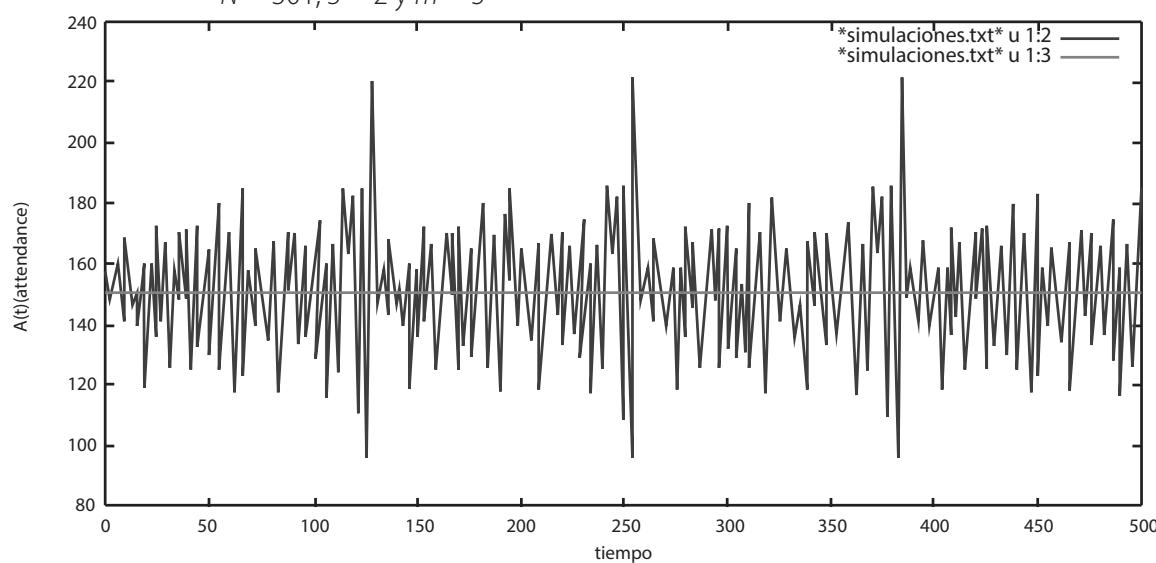
Comportamiento del attendance de un conjunto de $N = 301$, cada uno con $S = 2$ y con una memoria de $m = 2$ para una simulación de 500 pasos de tiempo

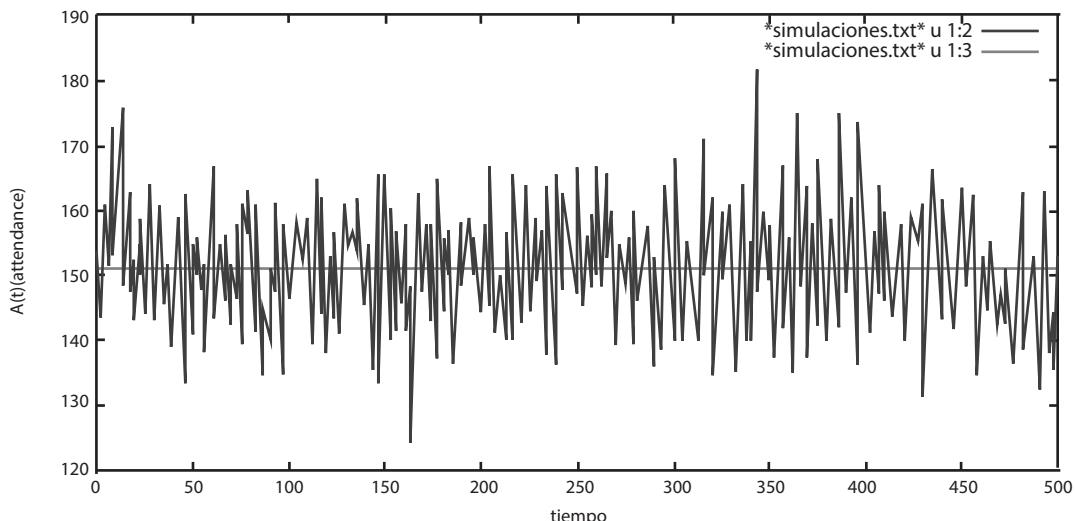


27

Gráfica 2

Comportamiento que presenta el attendance a través del tiempo cuando $N = 301, S = 2$ y $m = 5$



Gráfica 3Gráfica del *attendance* cuando el valor de la memoria es $m = 19$ 

mula un juego con memoria de $m = 5$ muestra que las fluctuaciones más importantes se dan en el intervalo entre $\{110, 190\}$ y con un promedio de 150.738. Hay que notar que cuando $m = 5$ las fluctuaciones siguen siendo periódicas pero un poco más intrincadas. Finalmente, la gráfica con $m = 19$ presenta fluctuaciones que barren el intervalo $\{120, 170\}$ y un promedio de 150.938. Entonces es característico del juego de minorías que a medida que aumenta la memoria en el juego, el rango de las fluctuaciones que exhibe el ***attendance*** disminuyen. En otras palabras, pareciera ser que, en una primera impresión, a medida que la memoria que pueden retener los individuos es mayor, entonces éstos deciden de manera más eficiente su decisión financiera en los pasos de tiempo posteriores.

Fluctuaciones del sistema y transición de fase

La volatilidad es otro resultado que la literatura [6, 7, 5, 8] en el juego de minorías presenta para caracterizar la dinámica que exhibe el sistema. En términos estadísticos, la volatilidad es la varianza σ^2 , y determina el grado de dis-

persión que presenta la suma de las variables aleatorias (*i.e. attendance*) con respecto a la medida de las mismas en cada paso de tiempo. Más formalmente podemos definir la volatilidad de la siguiente manera:

$$\sigma^2 = \langle [A(\tau) - \langle A_\tau \rangle]^2 \rangle \quad (7.1)$$

donde $A(\tau)$ es el ***attendance*** y $\langle A_\tau \rangle$ es la media del ***attendance*** al tiempo T. Como antes, en (7.1) $\langle \dots \rangle$ representa en promedio en el tiempo, mientras que $\langle \dots \rangle$ representa el promedio con respecto a las realizaciones.

La forma en la que se obtiene la volatilidad del juego de minorías implica realizar procesos del juego que conlleven un gran número de realizaciones. Además, que cada realización del juego se desarrolla en un número de pasos de tiempo lo suficientemente largos para poder tomar promedios con respecto al número total de pasos de tiempo, y, finalmente, tomar promedios con respecto al número total de realizaciones del juego. En cuanto a la volatilidad del sistema, en [9] se encontró que el

comportamiento macroscópico que exhibe el juego de minorías no depende de forma independiente de los parámetros N y m , sino de la combinación de ambos mediante la relación:

$$Z = \frac{2^m}{N} \quad (7.2)$$

La cantidad anterior es denominada parámetro de control y es la variable que representa la abscisa del eje coordenado en la gráfica de la volatilidad. Por lo que respecta a la ordenada o volatilidad del sistema, está definida como:

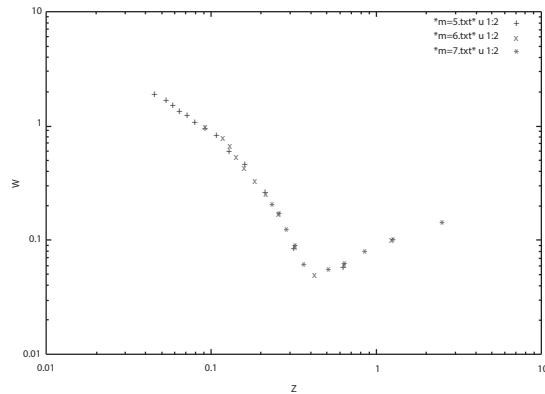
$$W = \frac{\sigma^2}{N} \quad (7.2)$$

Observemos que la gráfica anterior se compone de tres colores en el que cada uno se refiere a un valor específico de la memoria que se eligió en las simulaciones. Se tomó $m = 5$, $m = 6$ y $m = 7$, con un valor en las estrategias de $S = 2$ en cada uno de los tres juegos. Elegimos $S = 2$ ya que para ese valor de la memoria es en donde el sistema presenta la mínima varianza, con el valor de $Z_c = 0.42$. Dicho valor está en concordancia con el que se reporta en [6, 10]. La gráfica de volatilidad se obtuvo a partir realizar un conjunto de simulaciones fijando cada uno de los valores de la memoria antes mencionados y se varió el parámetro N de cincuenta en cincuenta, empezando por en $N = 51$ y terminando hasta $N = 651$.

En la gráfica 4 podemos observar que cuando Z es pequeño la volatilidad W del juego es grande. A medida que Z va aumentando, la volatilidad del juego va disminuyendo. En este caso el sistema entra en una región en la cual los agentes que participan en el juego están decidiendo de una manera más “eficiente” que de la forma azarosa. Posteriormente la volatilidad del sistema alcanza un valor mínimo,

Gráfica 4

Volatilidad del juego. La gráfica se obtuvo a partir de fijar $S = 2$ y variar los valores de m y N



también denominado valor crítico o Z_c . Finalmente, una vez que el sistema llega al punto mínimo Z_c la volatilidad del sistema vuelve a aumentar, teniendo asintóticamente a 1.²

En términos del sistema, como es referido [11], las transiciones de fase que exhibe el juego de minorías son 3:

a) *Fase impredecible o sobre poblada ($Z < Z_c$)*. Es la región en la que $Z < Z_c$. En esta región las fluctuaciones del sistema son grandes, además de que el comportamiento colectivo de los agentes que participan en el juego es mucho peor que si estuvieran decidiendo de manera azarosa. En esta región el tamaño del grupo perdedor es mucho más grande que la $\frac{N}{2}$.

b) Punto de transición de fase ($Z = Z_c$). Es la región en la que para valores intermedios de Z la volatilidad llega a su punto mínimo Z_c . Cuando el sistema entra en esta región las fluctuaciones del sistema se van reduciendo hasta llegar a su valor más bajo. En esta región pareciera como si

² Con respecto al límite de tomar una decisión de forma siempre azarosa, si consideramos a la decisión que toman los agentes como una variable aleatoria independiente e idénticamente distribuida (v.a.i.i.d), podemos asumir que la distribución estadística de dicho fenómeno se rige por una distribución binomial $\text{Bin}(n, p)$, con $p = 1/2$. De ahí que $\sigma^2/N = 1$.

los agentes de alguna forma se coordinaran para ser más predictivos en su toma de decisiones en cada paso de tiempo. En esta región intermedia el tamaño del grupo perdedor es más próximo a $\frac{N}{2}$, que es el mínimo posible para el lado perdedor del juego.

c) Fase asimétrica o poco sobre poblada. Comienza a partir del punto en el que $Z>Z_c$. En términos del sistema implica una transición de fase en la que la manera de tomar cada agente su decisión financiera se torna más hacia el lado azaroso, lo que en parte se debe de a que como en esta región de la gráfica del número de estrategias supera por mucho al número de agentes que participa en el juego. En términos de la información que tienen a su disposición los agentes para tomar su decisión, al ser ésta demasiada, éstos de alguna forma no saben cómo hacer uso de ella de forma racional, entonces sus decisiones se tornan más aleatorias, lo que propicia que las fluctuaciones del sistema comiencen a aumentar teniendo asintóticamente el valor de 1.

Los ganadores del juego: una caminata aleatoria [12,13]

Para terminar con el conjunto de resultados más importantes que caracterizan al “juego de minorías”, pasemos a revisar la forma estadística y geometría en la que se desarrolla la dinámica y ganancia que obtienen los participantes en el juego.

Desde el punto de vista financiero, el *payoff* es la manera de representar la ganancia que cualquier agente obtiene una vez que se decidió cual es la decisión financiera que es merecedora de obtener un punto y, por el contrario, cual es la opción que implica la pérdida de un punto en aquellos individuos que eligieron de acuerdo a la mayoría.

Como se mencionó más arriba, la manera en que cada individuo toma su decisión de invertir o no invertir es a partir de consultar la cadena histórica de eventos exitosos que han sucedido en el pasado y que le sugiere su estrategia más exitosa según sea la memoria que se fija en el juego. Sin embargo, el que hay tomado dicha acción no asegura en lo absoluto que tal decisión vaya a redituarle una ganancia, ya que como antes referimos ello depende del comportamiento colectivo de los participantes en el juego. El hecho de que en todo paso de tiempo cada participante en el juego pueda calificar el grueso de las estrategias que tienen a su disposición, independientemente de que haya o no usado esa estrategia en particular para tomar su decisión, le brinda al “juego de minorías” las características de ser un juego adaptativo. Es decir los jugadores siempre están tratando de adaptarse a su mejor escenario financiero. A continuación presentaremos la gráfica que da muestra simulación se obtiene para una simulación de 500 pasos de tiempo.

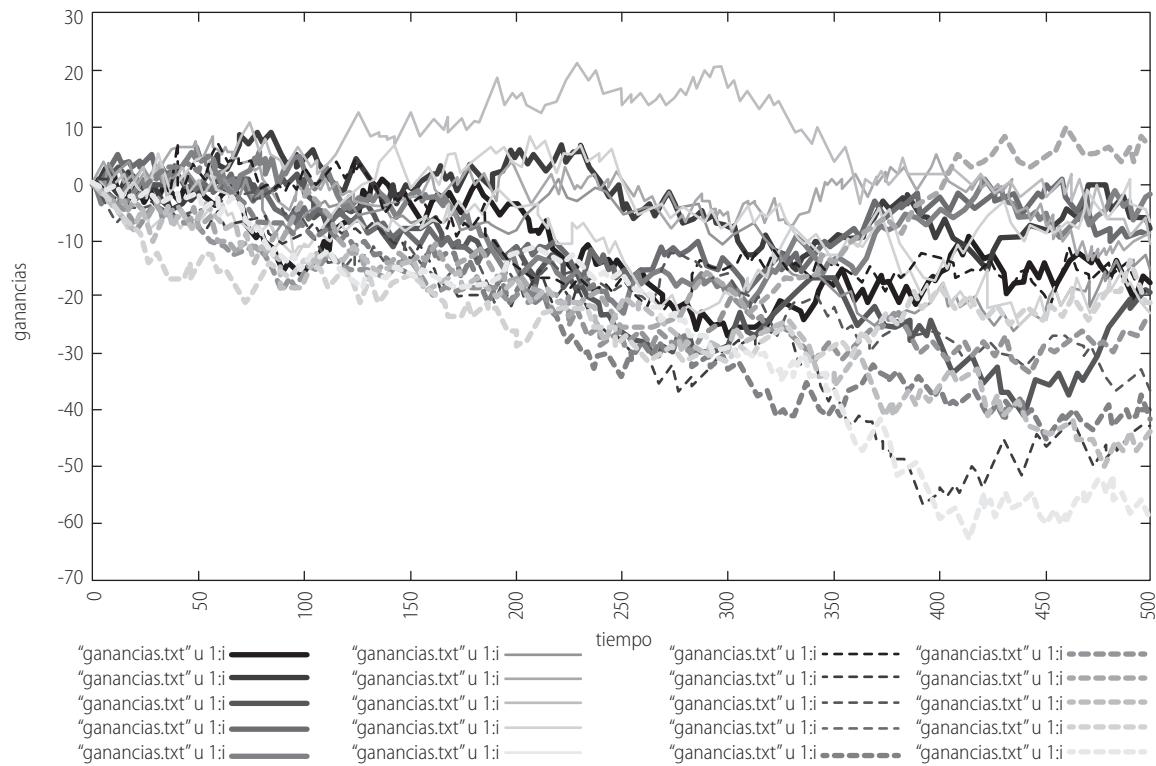
La gráfica 5 muestra la trayectoria a través de tiempo del “*payoff*” de los primeros 20 individuos que participan en el juego. Podemos observar que para algunos sus ganancias oscilan alrededor del cero, para otros se van haciendo infinitamente negativas, y solo para algunos infinitamente positivas [14]. También se puede apreciar que la dinámica colectiva del *payoff* exhibe las características geométricas de una caminata aleatoria o también denominada movimiento browniano [15]

8. Simulaciones de juegos mixtos

En la presente sección concentraremos nuestro análisis en investigar cómo es que influye la memoria en la distribución de las ganancias que exhiben los agentes que participan en el

Gráfica 5

Ganancias a través del tiempo de los primeros 20 individuos que participan en el juego



juego a través del tiempo. De forma que trataremos de averiguar e identificar si existe algún valor en la memoria que sea mejor que otro cuando se simula un juego en el que hay dos clases de jugadores, cada uno con diferente valor en su memoria. A continuación simulamos un conjunto de juegos “mixtos” en el que el total de jugadores N que participan en cada uno de ellos se divide en dos bandos, $N_{m'}$ y N_m , con memorias m' y m , respectivamente.

En ese sentido el total de individuos que participan en cada juego es la suma $N = N_{m'} + N_m$, con la distinción anterior tenemos como objetivo percibir qué bando es el que gana más y qué bando es el que pierde más en el tiempo, de acuerdo a los valores correspondientes a su memoria.

El tema de la memoria ha sido ya discutido por varios autores y los enfoques al respecto han sido varios y diversos. Algunos han argumentado que la memoria no es relevante en el juego y otros, por el contrario, que si es relevante. Por ejemplo en [16] se muestra numéricamente que la forma de la curva de volatilidad del sistema (Figura 4) no cambia cuando una cadena aleatoria del tamaño m se elige para cada uno de los próximos pasos de tiempo de la simulación. Por otro lado en [17] se aborda lo relevante que es la memoria en la fase simétrica ($Z < Z_c$) del sistema.

La manera en que nosotros tratamos de investigar la forma en que la memoria puede influir en los agentes obedece a una motivación más directa y cuantitativa. Pretendemos inves-

tigar el desempeño histórico del “*payoff*” (exitoso o no exitoso) que pueden tener un grupo de individuos que pertenecen a un diferente grupo cuando compiten en un mismo juego, donde cada grupo posee un valor diferente en el tamaño de su memoria. De hecho, hasta ahora ninguno de los artículos citados estudia las siguientes cuestiones: ¿Qué pasa cuando compiten un par de grupos en el juego, en el que cada uno posee una memoria diferente en su conjunto de estrategias? ¿Implicará esto algún beneficio para alguno de los grupos o será indiferente? Para dar respuesta a estas preguntas simulamos distintos juegos mixtos en los que se fijó $S=2$ para ambos bandos.

Consideraciones del juego mixto

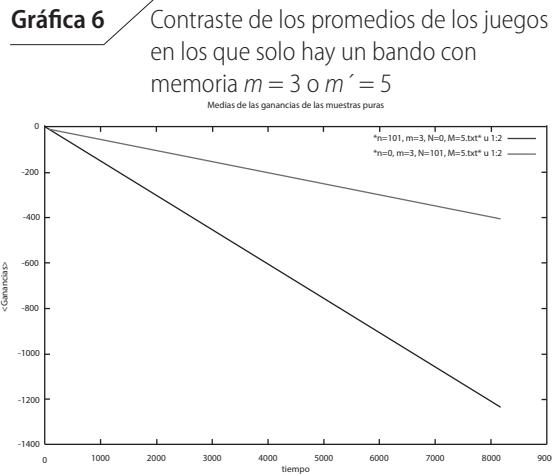
Puesto que el objetivo principal de los resultados que a continuación presentaremos es el de determinar y comparar la distribución temporal que presentan las ganancias de los bandos que conforman el juego mixto, así como sus valores promedios a lo largo del tiempo y la varianza de los mismos, las simulaciones al respecto fueron desarrolladas un total de 600 realizaciones y cada realización consistió en 9 200 pasos de tiempo. Como al final deseamos obtener la distribución estadística del “*payoff*” que caracteriza a cada bando de acuerdo al valor de su memoria, determinamos realizar nuestro muestreo estadístico para el conjunto de tiempos que son potencia de dos y que están comprendidos en los 9 200 pasos de tiempo que abarca cada juego. A continuación mostramos las características de los 3 juegos mixtos que hemos simulado.

Tabla 3
Configuración gráfica de los 3 juegos mixtos simulados.

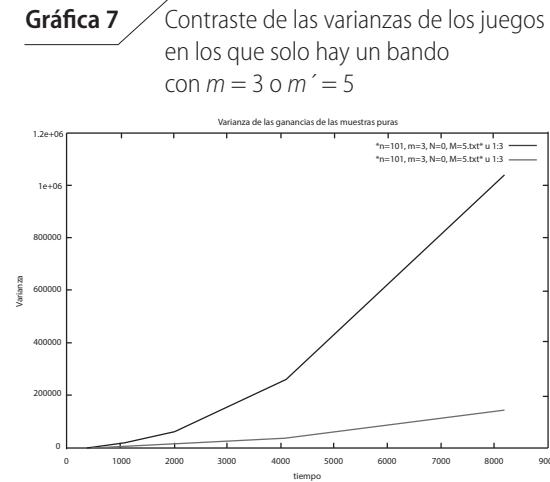
JM1				
<i>N</i>	<i>N_m</i>	<i>m</i>	<i>N_{m'}</i>	<i>m'</i>
101	101	3	0	5
101	76	3	25	5
101	50	3	51	5
101	25	3	76	5
101	0	3	101	5
JM2				
<i>N</i>	<i>N_m</i>	<i>m</i>	<i>N_{m'}</i>	<i>m'</i>
101	101	5	0	7
101	76	5	25	7
101	50	5	51	7
101	25	5	76	7
101	0	5	101	7
JM3				
<i>N</i>	<i>N_m</i>	<i>m</i>	<i>N_{m'}</i>	<i>m'</i>
101	101	7	0	9
101	76	7	25	9
101	50	7	51	9
101	25	7	76	9
101	0	7	101	9

Resultados muestras puras

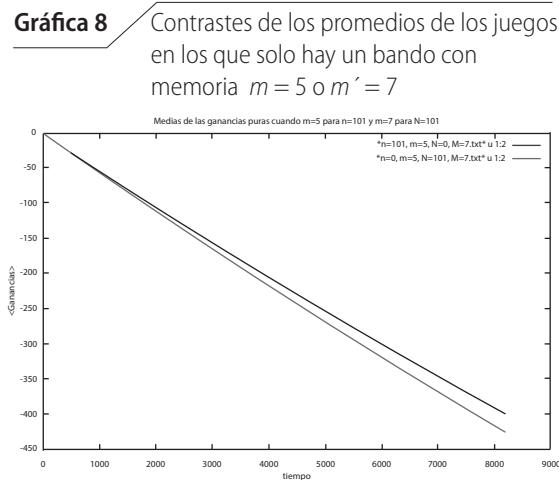
En esta sección presentamos los resultados que obtuvimos en cada uno de los 3 juegos mixtos con referencia a los casos en que solo hay un bando con su respectiva memoria, tales resultados los hemos denominado como muestras puras. Los promedios de las ganancias para los casos puros del primer juego mixto (*i.e.* solo un bando) son los siguientes:

Gráfica 6

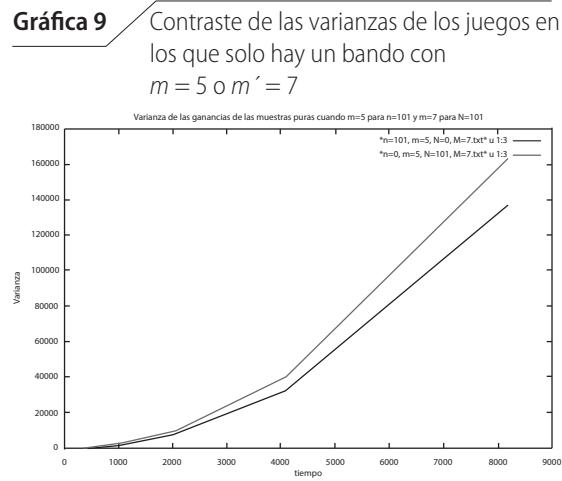
Como podemos apreciar en la gráfica 6, los individuos con memoria $m' = 5$ exhiben promedios menos negativos (línea verde) que aquellos que tienen una memoria de $m = 3$ (línea roja). Ahora presentamos la varianza que presenta cada bando:

Gráfica 7

Como se puede percibir, la varianza en el grupo con memoria 3 (línea roja) siempre es mayor a la varianza del grupo de memorias 5 (línea verde). Por lo que respecta a los resultados de las muestras puras del segundo juego mixto, el promedio y la varianza en el tiempo fueron las siguientes:

Gráfica 8

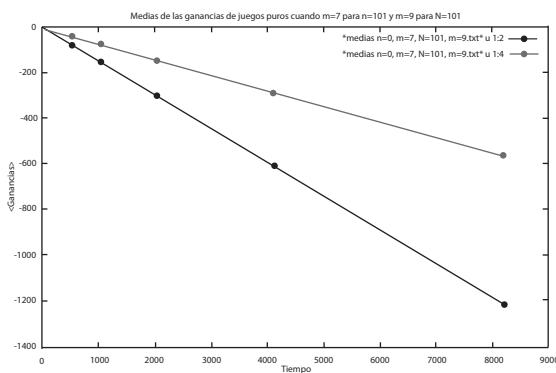
Mientras que el comportamiento de las varianzas en el tiempo fue:

Gráfica 9

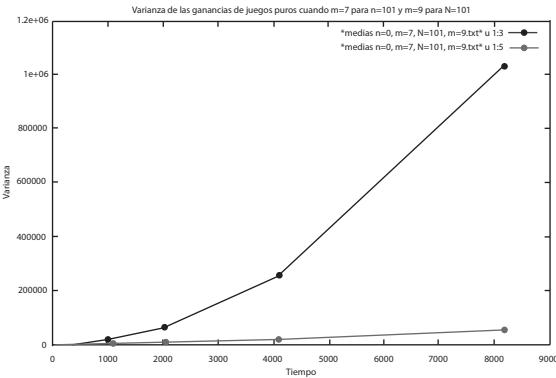
De las gráficas 8 y 9 se puede observar que el bando con memoria $m = 5$ (curva en rojo) presenta un promedio de sus ganancias en el tiempo menos negativas que el bando con memoria $m' = 7$ (curva en verde). En concordancia con esto la varianza de dicho bando es menor que la varianza del bando con memoria $m' = 7$. Finalmente, para el último juego mixto los promedios y varianzas en el tiempo fueron:

Gráfica 10

Promedios del juego mixto en el que solo hay un bando con memoria $m = 7$ o $m' = 9$

**Gráfica 11**

Contraste de las varianzas de los juegos en el que solo hay un banco con memoria $m = 7$ o $m' = 9$



De las gráficas 10 y 11 observamos que en este caso es el grupo con memorias 9 (curva verde) es el que tiene valores promedio menos negativos en sus ganancias que aquellos que pertenecen al bando con memoria 7 (curva roja), con lo cual la varianza del grupo con memoria nueve es menos volátil que la del grupo con memoria siete. Hasta aquí, con los resultados anteriores y de acuerdo a las muestras puras, parece ser que el valor de la memoria que provee de menos perdida a los agentes que participan en el juego están entre $m = 5$ o $m = 9$.

Al respecto, como se sugirió en la introducción, el hecho de que algunos agentes tengan una ventaja para tomar su decisión en

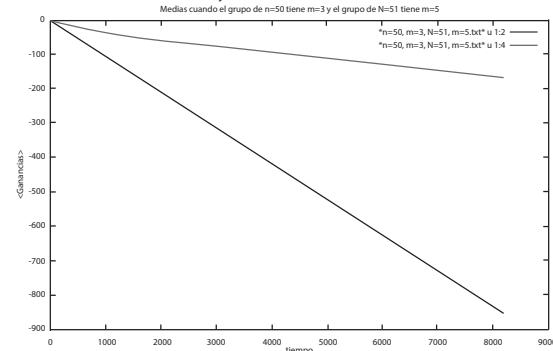
términos de la información de que disponen acerca de una acción o firma en particular con respecto a otros, parece no ser tan clara de acuerdo a nuestros resultados anteriores. A continuación corroboraremos estos resultados con los resultados que obtuvimos de las simulaciones de los juegos mixtos.

Resultados juegos mixtos

En esta sección presentamos los resultados de los juegos mixtos considerados, la configuración que elegimos estudiar fue aquella en el que $N_m = 50$ y $N_{m'} = 51$, para valores en la memoria de $m = 3, 5, 7$ versus $m' = 5, 7, 9$. Elegimos esta configuración ya que consideramos que en ella la competencia entre bandos es lo suficientemente pareja para poder percibir los efectos de la memoria en cada uno de ellos y su historial en las ganancias de cada bando. Los promedios de las ganancias que presentan los agentes cuando participan en el mismo juego, pero un bando tiene una memoria de 3 y el otro bando una memoria de 5 son:

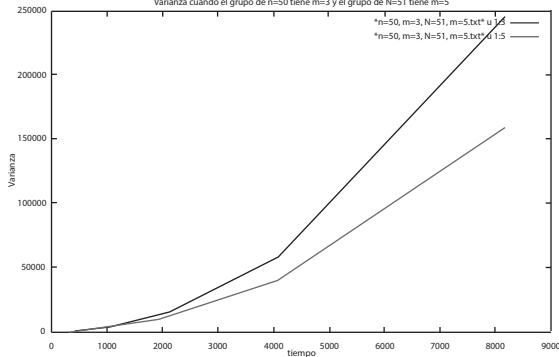
Gráfica 12

Contraste de los promedios del juego en el que un bando tiene memoria $m = 3$ y el otro bando $m' = 5$



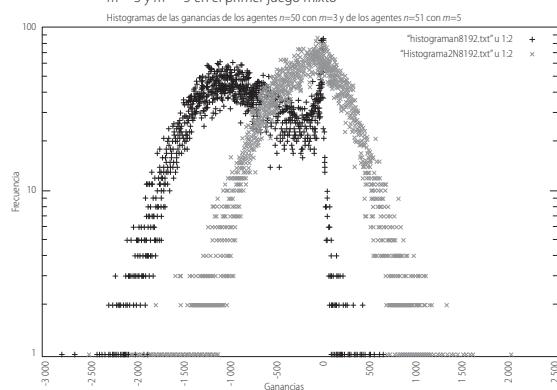
Mientras que las varianzas fueron:

Gráfica 13 Contraste de la distribución de las ganancias de los bandos con memoria $m = 3$ y el otro bando $m' = 5$



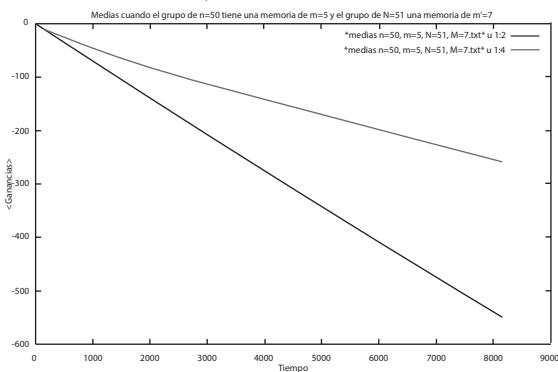
Por otro lado, podríamos preguntarnos cómo es la forma de la distribución de las ganancias en el tiempo de cada bando en este juego mixto, lo cual puede observarse en el siguiente resultado:

Gráfica 14 Contraste de la distribución de las ganancias de los bandos con memoria $m = 3$ y $m' = 5$ en el primer juego mixto



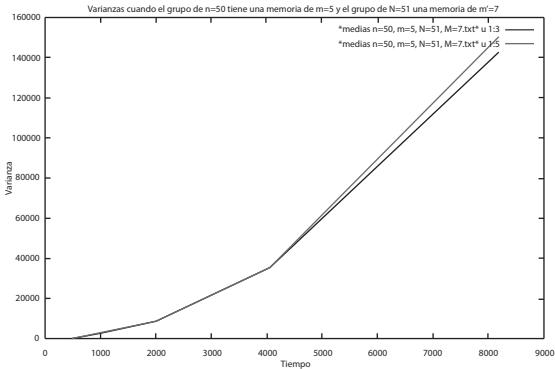
De la gráfica 14 se observa que los individuos con memoria 5 (histograma en verde) pierden menos que aquellos a los que se les asignó una memoria de 7 (histograma rojo). Ahora mostramos las mismas gráficas de la misma configuración del juego mixto pero para el caso en que las memorias del juego en uno de los bandos es $m = 5$ y para el otro grupo de $m' = 7$. Los promedios de este juego mixto son las siguientes:

Gráfica 15 Contraste de los promedios de las ganancias de los bandos con memoria $m = 5$ y el otro bando $m' = 7$

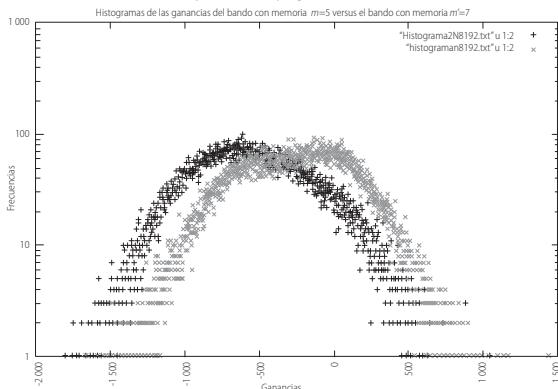


Por lo que se refiere a las varianzas de este segundo juego mixto y la distribución de las ganancias en el tiempo de cada bando son:

Gráfica 16 Contraste de las varianzas del juego en el que un bando tiene memoria $m = 5$ y el otro bando $m' = 7$

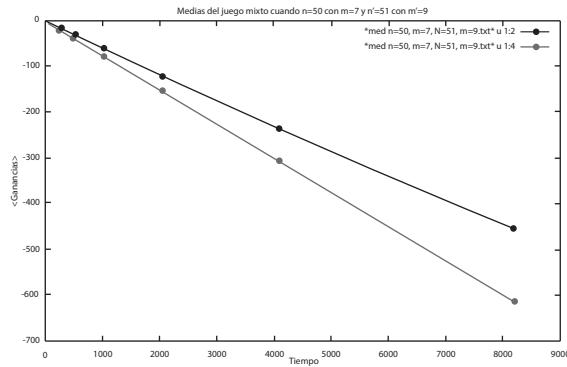


Gráfica 17 Contraste de la distribución de las ganancias en el tiempo de los bandos con memoria $m = 5$ y $m' = 7$ en el juego mixto



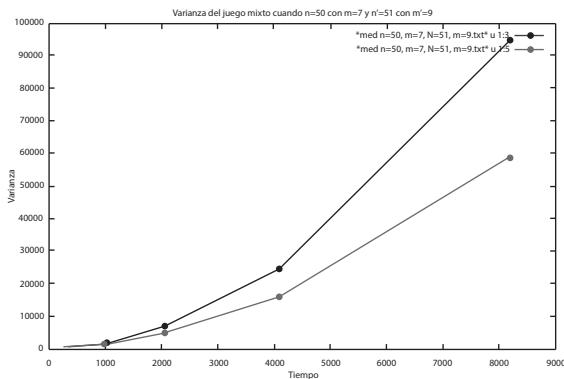
Finalmente, presentamos los resultados del último juego mixto que simulamos en el que el bando $N_m = 50$ tiene una memoria de $m = 7$ y el bando $N_{m'} = 51$ tiene una memoria de $m' = 9$.

Gráfica 18 Contraste de los promedios del juego en el que un bando tiene memoria $m = 7$ y el otro bando $m' = 9$



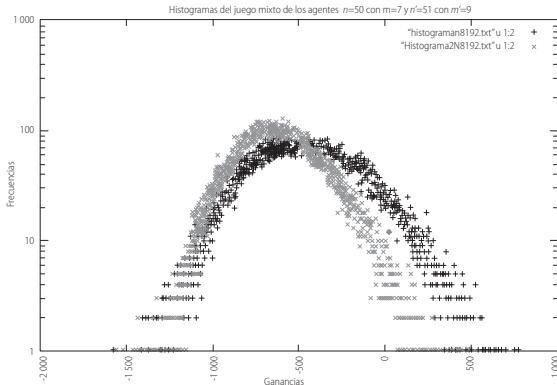
Las varianzas de este último juego mixto fueron las siguientes:

Gráfica 19 Contraste de las varianzas del juego en el que un bando tiene memoria $m = 7$ y el otro bando $m' = 9$



Por último, el contraste de la distribución de las ganancias en el tiempo para ambos bandos en este juego mixto fue:

Gráfica 20 Contraste de histogramas de ambos bandos cuando la memoria de uno es $m = 7$ y la del otro es $m' = 9$



9. Discusión de resultados

La primera parte de los resultados de los “juegos mixtos” presentados se refieren a los casos en el que no hay competencia entre “bandos” y el total de individuos, $N = 101$, que participan en el juego poseen una memoria de $m = 3, 5, 7$ y 9 , respectivamente. También nos hemos referido a estos como los “juegos puros”. De tales resultados hemos podido corroborar que, al menos en este caso, el valor de la memoria que provee de menores pérdidas al conjunto de jugadores que participan es cuando se les asigna una memoria de $m = 5$, ya que pare este valor en la memoria es cuando se tiene el valor menos negativo en el promedio de las ganancias a través del tiempo, siendo este de -398.005 en el tiempo $8,192$ de las simulación, de acuerdo a la gráfica 8. En segundo lugar, el valor de la memoria que resulta en menores pérdidas para los agentes que participan en el juego de minorías es $m = 9$ (-565.533), de acuerdo a la gráfica 10.

Por lo que respecta a los resultados en los que se simuló la competencia entre dos bandos, uno con 50 individuos y el otro con 51

individuos, donde a cada uno de estos bandos se les asignó un tamaño de memoria diferente en el juego. También nos hemos referido a ellos como “juegos mixtos”.

Del primer juego mixto, en el que a uno de los bandos se le asignó una memoria de $m = 3$ y al otro una memoria $m = 5$, tuvimos que el promedio en el tiempo 8,192 del bando con memoria $m = 3$ fue de -852.4 y la del bando con memoria $m = 5$ fue de -167.204, de acuerdo a la gráfica 12. Así también, de acuerdo a la gráfica 14, la cual contrasta la distribución de las ganancias de los bandos, se puede observar que el histograma del grupo con $m = 3$ tiene como extremos los valores de -2,500 y 500. Mientras que el histograma del bando con memoria $m = 5$ tiene por extremo los valores de -2,000 y 1,500. Por tanto, en este juego mixto es el grupo de jugadores con memoria $m = 5$ el que pierde menos en el “juego de minorías” a través del tiempo.

Para el segundo juego mixto obtuvimos que el promedio del bando con memoria 5 fue de -259.733 en el tiempo 8,192 de la simulación, mientras que la del bando con memoria 7 fue de -550.244, lo cual se puede apreciar en la gráfica 15. De acuerdo a esto, y como se puede apreciar en la gráfica 17, observamos que los extremos de la distribución de las ganancias del bando con memoria $m = 5$ son -1,500 y 1,000, respectivamente. Por lo que se refiere al bando con memoria $m = 7$ tenemos que los extremos son de -1,700 y 600. De esto se puede concluir que es el bando con memoria $m = 5$ el que pierde menos en el “juego de minorías”

Finalmente el último juego mixto simulado fue en el que a un bando se le asignó una memoria de $m = 7$ y al otro bando una memoria de $m = 9$. De los resultados presentados en la última sección tenemos que el promedio del bando con $m = 7$ en el tiempo 8,192 fue de -454.948, mientras que la del bando con

$m = 9$ fue de -611.634, de acuerdo a la gráfica 18. Por otro lado, de la gráfica 20 podemos observar, aún cuando es muy poca la diferencia entre ambos histogramas, que el bando con memoria $m = 7$ tiene por extremos -1,500 y 700 (curva en rojo). Mientras que el bando con memoria $m = 9$ tiene como extremo a -1,500 y 500 (curva en verde), respectivamente. De lo anterior podemos decir que, a diferencia de los otros dos juegos, este último resulta ser el más competitivo, sin embargo, el bando con memoria $m = 7$ pierde un poco menos que el bando con memoria $m = 9$.

10. Conclusiones

En el presente trabajo nos hemos dedicado, en primera instancia, en reproducir los resultados más representativos del modelo del “juego de minorías” para así concentrarnos en el estudio estadístico de la variable *memoria*, así como la *distribución de las ganancias* de los agentes que participan en el juego. El “juego de minorías” es solo un problema más de teoría de juegos, en el que el comportamiento macro del fenómeno puede ser analizado y simulado mediante las técnicas de la física estadística. Este tipo de problemas es uno de los muchos que hoy en día, debido a sus características, se adhiere al nuevo enfoque de los sistemas complejos y, en particular, a la *Econofísica*.

A diferencia de los enfoques abordados en la literatura y el estado del arte del problema del “juego de minorías”, en nuestra investigación diseñamos un conjunto de “juegos mixtos” en los que la motivación principal fue la de investigar la variable *memoria*, y con ello la capacidad de razonamiento deductivo a la hora de tomar una decisión por agentes racionales. De acuerdo a los resultados obtenidos, aun cuando el dotar de mayor memoria a un conjunto de individuos del juego implica pro-

veer a éstos de una mejor capacidad para almacenar un número mayor de las decisiones exitosas del pasado (*i.e.* información), parece ser que esto no provee de ninguna ventaja a éstos a la hora de tomar la decisión correcta que les beneficie económicoamente.

Como hemos podido observar en nuestros resultados presentados en los diferentes juegos mixtos simulados, parece ser que el valor de la memoria que garantiza menores pérdidas a los participantes en el “juego de minorías” es cuando se les asigna una memoria de $m = 5$. En términos del contexto financiero en el que hemos enmarcado el problema, la decisión de *comprar o no comprar* una acción de un individuo con mayor información de la acción versus otro con menos información de la misma, de acuerdo a nuestras simulaciones, no resulta ni en una mejor toma de decisión para el agente racional ni en un beneficio económico extra. Por el contrario, parece corroborarse el hecho de que los agentes racionales maximizadores de su utilidad tiene una límite para digerir cantidades de información y usarla de manera eficiente y efectiva, aunado a ello es que su toma de decisión se vuelve más inductiva que deductiva.

Es importante referir que, desde el punto de vista aplicativo, así como justificativo, es gracias al teorema del límite central y el enfoque del caminante aleatorio que nuestras simulaciones tienen y toman sentido. Así también, hemos podido corroborar la aplicación de tales conceptos a la simulación de carácter económico-financiero, destacando el uso de la modelación científica. Un resultado del mismo hecho es que hemos podido determinar que la distribución estadística que gobierna al “juego de minorías”, específicamente las ganancias de los agentes, es la distribución normal. En cuanto a la aportación de nuestros resultados esperaríamos que sirva como referencia para

posteriores enfoques que se dediquen a discutir más variantes del juego de minorías. Así también, que la metodología y enfoque sea una referencia (al mismo tiempo que una motivación) más para posteriores investigaciones de problemas económicos que puedan ser modelados desde un enfoque no convencional y desde su realidad compleja.

11. Referencias

- [1] W.Brian Arthur (1994). "Inductive reasoning and bounded rationality: the El Farol problem". *American Economic Review*, papers and proceedings 84, 406-411.
- [2] H. Simon (1997). *Models of Bounded Rationality* MIT Press, Cambridge.
- [3] Rosario N. Mantenga and H. Eugene Stanley (2004). *An introduction to Econophysics, Correlations and Complexity in Finance*, Cambridge University Press.
- [4] D.Challet and Y. C. Zhang (1997). *Emergence of co-operation and organization in an evolutionary game*. Physics A **246**, 407-418.
- [5] Esteban Moro (2004). *MinorityGame: An introductoryguide*. Advances in Condensed Matter and StatisticalMechanics.
- [6] T. Clemenson and T. S. Evans (2011). *The emergence of leadership in social networks*. Physics A.
- [7] R. D' Hulst and G. J. Rodgers (2000). *StrategySelection in The MinorityGame*. Physica A.
- [8] C. H. Yeung and Y. C. Zhang (2008). *MinorityGame*. <http://arxiv.org/pdf/0811.1479.pdf>
- [9] Robert Savit, RaduManuca and Rick Riolo (1999). *AdaptativeCompetition, MarketEfficiency, and PhaseTransitions*. PhysicalReviewLetters.
- [10] DamienChallet, Mateo Marsili and Yi-Cheng Zhang (2005). *MinorityGames: Interactingagents in financialmarkets*, Oxford UniversityPress.
- [11] Janez Lev Kocevar (2010). *SeminarMinorityGame*. Universe v Ljubljani, Fakultetazamatematiko in fiziko.

- [12] Luis Rincón (2011). *Introducción a los Procesos Estocásticos*, Facultad de Ciencias, UNAM.
- [13] Robert Brown (1828). *A brief account of microscopical observations made in the months of June, July, and August, 1827, on the particles contained in the pollen of plants; and on the general existence of active molecules in organic and inorganic bodies*. London and Edinburgh philosophical magazine and journal of science, 161-173
- [14] Álvaro Pérez Díaz (2015). *The Minority Game; evolution of strategy scores*. M. Sc. thesis in the EM-
CAS program. Departament of AppliedPhysics,
ChalmersUniversity Of Technology. Gothenburg,
Sweden.
- [15] Alber Einstein (1956). *Investigations on the theory of the brownian movement*. Dover.
- [16] Andrea Cavagne (1999). "Irrelevance of memory in the minority game." *PhysicalReview E*, 59 R3783.
- [17] K. H. Ho, W. C. Man, F. K. Chow, and H. F. Chau (2005). *Memory is relevant in the symmetric-phase of the minority game*. *Physical Review E - Statistical, Nonlinear, And Soft Matter Physics*.

Causalidad entre ingresos y gastos públicos en México (1982-2015)

Causal link between public revenues and expenditures in Mexico

Eduardo Ramírez Cedillo *

Resumen

Este documento hace una revisión de la relación gasto-ingreso de la economía mexicana en los últimos 35 años. A través de este análisis es posible describir su comportamiento en 4 etapas. El objetivo es mostrar evidencia de que factores como (1) la restricción en la expansión del gasto, (2) la disciplina fiscal y (3) los altos precios de hidrocarburos, entre otros, tienen un impacto en la dinámica gasto-ingreso en el periodo estudiado.

40

Abstract

This document proposes the review of the relationship income-expenditure for the Mexican economy under the behavior they have had in the last 35 years can be described in four moments. The objective is to provide evidence of how the study period in the relationship of income and expenditures in the country has changed because of different events such as the restrictions on the expansion of spending, the achievement of fiscal discipline, high oil prices that have resulted in additional revenue, among other elements.

* Profesor de asignatura de la FE UNAM . Sus líneas de investigación son: Finanzas Públicas, Gasto Gubernamental, Ingresos Públicos, Política Fiscal, Crecimiento Económico, Administración pública.

Correo electrónico: ramceed@gmail.com

Palabras clave

Sector público, tributación, gasto público

Key words

Structure and Scope of Government, Taxation, Governments Expenditures

JEL

H11, H2, H5

I. Introducción

Es común en las discusiones de finanzas públicas detenerse a valorar la relación que existe entre los flujos de ingreso y los flujos de gasto, técnicamente algunos podrían suponer que los países pueden gastar tanto como ingresos puedan generar, lo cual de forma implícita implicaría la dependencia del gasto público respecto de los ingresos. Otros podrán argumentar que el gasto de gobierno se ve limitado tan sólo al cumplimiento de los objetivos sociales que un Estado deba garantizar, con lo cual se presupone que el gasto público es exógeno respecto de los ingresos.

En función del análisis normativo se puede ofrecer una interpretación de la relación de los flujos en el marco de las finanzas públicas y de las finanzas privadas, en principio se podría denotar una diferencia crucial de enfoques de acuerdo con Ramírez (2014):

“la diferencia entre finanzas públicas y privadas radica en el hecho de que mientras para las finanzas privadas el punto de partida son ingresos disponibles o la búsqueda de ingresos futuros, el problema consistirá en cómo aplicar ese recurso en la consecución de los ingresos futuros. En el caso de las finanzas públicas los gastos se encuentran determinados de acuerdo con las necesidades de la sociedad y en función de ello se buscará la forma más conveniente de allegarse recursos teniendo en cuenta

que mediante la propia obtención de los mismos se pueden generar beneficios para la sociedad”

En ese sentido mientras las finanzas privadas parten del ingreso, las públicas lo hacen del gasto. No obstante, aquellos que pugnan por los equilibrios fiscales visualizan al Estado como una empresa y dado entonces dependiente de sus ingresos.

En un análisis de corte positivo son notorios dos hechos, por una parte, la relación estrecha que mantienen los ingresos y gastos públicos y por la otra su carácter cambiante en el tiempo. La correspondencia entre dichas variables tiene que ver con diferentes circunstancias y elementos como pueden ser:

1. Las variaciones en el contexto al que se enfrentan las economías. En función del ciclo económico se toman posturas fiscales que van a dar por resultado variaciones en el saldo fiscal. De acuerdo con el ciclo se van alternando los déficit y superávit.
2. El margen en el uso de fuentes de financiamiento extraordinarias. Países con elevados niveles de endeudamiento, con problemas en su balanza de pagos, con bajas tasas de crecimiento van a tener dificultades para obtener recursos adicionales, siendo probable que mantenga disciplina fiscal, durante largos períodos.
3. Contar con fuentes de ingresos alternas como es el caso de los ingresos petroleros. La variación en los precios del petróleo ha sido notable, tomando como referencia la mezcla mexicana en el año 2000 el precio por barril se ubicaba en 23.34 usd., alcanzó un máximo en el año de 2008 a un precio de 84.38 usd., para después retroceder y alcanzar un nuevo máximo en el año de 2012 con un precio de 101.96 usd. En 2015 el precio había caído a 43.28 usd.
4. Alternancia en el Poder Político. En algunos países de Latinoamérica se dio un viraje hacia la izquierda que llevó a un cambio en el ejercicio de las finanzas públicas teniendo como resultado un incremento en el nivel del gasto que no necesariamente resultó deficitario.
5. La soberanía de la moneda. Países que han declinado la soberanía de su moneda pierden margen de operación de sus finanzas públicas, dicha soberanía se pierde cuando se tiene que garantizar su convertibilidad a un metal precioso o a alguna divisa

La lista anterior no intenta ser exhaustiva sino más bien ilustrativa sobre algunas de las causas por las cuales la relación de los flujos de ingresos y gastos públicos pueden cambiar en el tiempo. El tema de la relación entre los flujos mencionados no es nuevo y en muchos de los casos se estudian con el afán de realizar medidas de control en los saldos fiscales y para ello es necesario discernir en dónde se generan los desequilibrios.

Para lograr la disciplina fiscal se puede ir en dos sentidos; controlar el gasto público mediante medidas de austeridad o bien incrementar los ingresos, pero el problema consiste en la relación de las variables. La reducción del gasto público podría incidir en menores ingresos vía una contracción de la actividad económica o bien, realizar un incremento de los ingresos públicos puede incidir en una ampliación del gasto público derivado de la nueva disponibilidad de recursos.

En el presente documento se propone la revisión de la relación ingreso-gasto para la economía mexicana en virtud del comportamiento que han tenido dichas variables en los últimos 35 años que puede describirse en cuatro momentos: el primero *de un amplio ajuste*, mediante la reducción del gasto público que tuvo su clímax en la renegociación de la deuda, la amortización de una parte importante de la misma y el consecuente alivio en la reducción del pago de su servicio; el segundo *de estabilidad* resultado de amplios ingresos provenientes de la privatización de empresas públicas; el tercero *de una expansión del gasto* sin el rompimiento abrupto con la disciplina fiscal por los altos precios del petróleo y; *el desajuste de las finanzas públicas* bajo el problema de la crisis de los subprimes y una nueva caída en el financiamiento petrolero derivado de la caída de los precios del barril.

El objetivo del presente documento consiste en realizar una aproximación a la causalidad de los flujos de ingresos y gastos del sector público en México para el periodo de 1982 a 2015, considerando que en dicho periodo se pueden identificar cuatro posturas diferentes en materia de la operación de las finanzas públicas. La relevancia del documento consiste en ampliar la discusión al respecto de la postura fiscal que se ha mantenido en todo el periodo, que es valorada por una gran mayoría como ortodoxa. De forma adicional es importante comprender la dinámica de las finanzas públicas para estar en condiciones de llevar a cabo mejores propuestas de política fiscal.

Para tal fin lo que resta del documento se integra de la siguiente manera: II) se describen los postulados básicos que tratan de aportar una explicación sobre la relación y causalidad que deben guardar las variables de gasto e ingreso público y se enuncian algunas de las investigaciones empíricas que estudian la relación en países y momentos determinados; III) se ofrece una descripción de dichas variables para el caso de México, IV) se presentan los datos, el modelo y los resultados obtenidos para la economía mexicana y; V) se ofrece una conclusión al respecto.

II. Posturas teóricas y evidencia empírica

El análisis de relación de dos series de tiempo puede arrojar cuatro posibles resultados: Una independencia causal donde los datos aun cuando puedan presentar una relación ésta no tiene influencia sobre el comportamiento de las variables; una relación bidireccional donde se tiene una situación de retroalimentación entre ambas; o bien una relación unidireccional de una variable sobre la otra. La relación bidireccional es conocida como la hipótesis de sincronización.

nización fiscal, mientras que la relación unidireccional puede tomar dos connotaciones diferentes que son conocidas como la hipótesis de ingreso-gasto o la hipótesis de gasto-ingreso.

Gasto-Ingreso

La *hipótesis gasto-ingreso* puede ser apreciada en distintas formas, por una parte pensando en el argumento keynesiano que sostiene que el gasto de gobierno es capaz de generar un efecto positivo sobre la actividad económica eliminando cualquier brecha entre la actividad potencial y la real obteniendo así una mayor recaudación impositiva y con ello el gasto propicia una cantidad mayor de ingresos, bajo esta estructura de pensamiento la lógica sería cuánto quieras recaudar, cuánto tendrás que gastar, en este caso no se configura una condición de fragilidad de las finanzas públicas en la medida que el gasto es generador de ingresos.

La hipótesis de gasto-ingreso, supone que el gasto de gobierno es exógeno y que por lo tanto no se depende de los ingresos para incrementar los gastos. El elemento determinante de la relación está a cargo del gasto, si en una situación es necesario incrementar el gasto se hace y posteriormente se toman las decisiones sobre la manera en que dicho gasto tendrá que ser financiado. A grosso modo, se podría decir que el ingreso está en función del gasto.

A diferencia del pensamiento keynesiano que parte del supuesto de que la intervención del gobierno tiene impactos positivos sobre la actividad económica, la corriente preponderante supone la neutralidad de la acción fiscal, en ese sentido Barro (1974, 1979, 1989 y 1996), argumenta basándose en el Teorema de la Equivalencia Ricardiana (TER) que todo préstamo gubernamental hoy, será financiado



con incremento de impuestos futuros, así el incremento del gasto conducirá a una cantidad mayor de ingresos. También supone que dado un aumento no anticipado del gasto público éste será seguido por un aumento de los ingresos públicos como proporción del PIB. Barro supone que el gobierno determina qué tanto gasto debe llevar a cabo y posteriormente busca los ingresos necesarios para hacerlo; y, aun cuando se dé la posibilidad de realizar su financiamiento mediante la emisión de bonos en el presente, en el futuro eso será equivalente a un incremento en los impuestos, ante el rechazo de la ilusión fiscal, más gasto de gobierno irremediablemente tendrá como consecuencia más ingresos, con la diferencia de que los ingresos adicionales son resultado de un incremento en las tasas impositivas más que el resultado de una ampliación en la base gravable.

Al igual que Barro (1979), Peacock y Wiseman (1979) suponen que un incremento temporal en el gasto del gobierno, ya sea justificado por un contexto de crisis o de necesidad social, tiende en muchos casos a volverse permanente lo que conduce a su vez a un incremento permanente de los impuestos para financiarlo, en esta visión se supone que si se quiere reducir el déficit fiscal es necesario realizar incrementos no anticipados de los impuestos o bien tener reglas estrictas sobre el control del gasto (Vu-

letin, 2003). En la actualidad, cuando se quiere flexibilizar la política fiscal ante escenarios de crisis económica, en muchos casos se recomienda hacerlo por el lado de los ingresos ante lo complicado que resulta regresar el gasto al nivel previo.

En un estudio para USA, usando datos anuales para el periodo de 1946-1983, Anderson *et al.* (1986) encuentran evidencia sobre la determinación del gasto como un primer momento que es seguido de su financiamiento, mismo que podría estar dado por impuestos, préstamos y emisión monetaria, en el estudio los autores utilizan como variables de control el PIB y la inflación, encontrando evidencia que relaciona positivamente al PIB tanto con los ingresos como con los gastos, pero descartando una relación con la inflación. Los autores concluyen que el debate debe ser dirigido a limitar el tamaño del gobierno y en ese sentido cualquier limitación del gasto debería ser efectiva en la disminución del déficit fiscal o el mantenimiento de la disciplina, pero en aquellos casos donde la existencia de restricciones sobre los ingresos estuviera presente ello podría establecer un límite al gasto.

Ingreso-Gasto

La hipótesis ingreso-gasto de acuerdo con Friedman (1978), se verifica si ante un incremento en la recaudación impositiva el gobierno gasta más ante la existencia de mayores recursos. La idea básica que se encuentra detrás del planteamiento de Friedman es el supuesto de que una política destinada a incrementar los ingresos para buscar el equilibrio fiscal no es sustentable en la medida en que el comportamiento de los ingresos tributarios incide en las erogaciones públicas sin que ello resuelva el problema del déficit, por tanto, sería mejor actuar directamente sobre la reducción del gasto si se desea sanear las finanzas públicas.

A diferencia de Friedman, quien asume una relación directa entre ingresos y gastos, Buchanan y Wagner (1978) presentan estimaciones que sugieren que la relación juega en un sentido contrario. Explican que sus resultados obedecen a que la disminución de los impuestos conlleva la percepción en los votantes de que los programas públicos son más baratos y, como consecuencia, están dispuestos a demandar una mayor cantidad de los mismos dando como resultado un incremento en el gasto del gobierno,¹ dentro de su argumentación también toma relevancia la estructura impositiva en la medida en que se prevé que si el incremento del gasto se financiara con impuestos directos los ciudadanos pugnarían por una disminución en los impuestos.

Bajo esta hipótesis la alternativa de política no consiste en los ajustes por el lado del ingreso ya que no importa si se incrementan o disminuyen los impuestos, el gasto de gobierno tiene su propia dinámica.

Es importante notar que la distinción entre Barro (1974, 1979) y Buchanan y Wagner (1978) radica en la percepción de los ciudadanos respecto a la acción del Estado, ya que para el primero la inexistencia de la ilusión fiscal no condiciona un incremento mayor en el gasto por la presión de la ciudadanía al notar que puede obtener más beneficios de la acción estatal que de los particulares. Mientras que en el caso de los segundos es elemento indispensable contar con la ilusión fiscal para que su explicación pueda tener validez.

Como ya se comentó la hipótesis de ingreso-gasto, determina que los niveles de gasto se ajustan a los niveles de ingreso. Fasano y

¹ Resulta importante comentar que la distorsión en la percepción de los ciudadanos puede darse ante escenarios donde el constante aumento de gasto deficitario por parte del gobierno rompe la relación que tienen los impuestos con el costo de los bienes que ofrece el Estado, generando una falsa eficiencia en sus acciones.

Wang (2002) argumentan que para los países del Consejo de Cooperación del Golfo se verifica esta hipótesis, por lo tanto, se supone que el gasto de gobierno sigue a los ingresos, lo que sugiere una política de gasto procíclica que depende del ingreso por concepto del petróleo.

Sincronización fiscal

Dada la *hipótesis de la Sincronización fiscal*, el gobierno puede cambiar los ingresos y los gastos de forma simultánea, la política fiscal es valorada en función de los beneficios del gasto y su costo que será reflejado en los impuestos (Musgrave 1966, Meltzer y Richard 1981). La idea consiste en suponer que, en un gobierno democrático y representativo, las decisiones sobre ingresos y gastos son realizadas de forma simultánea por los funcionarios respectivos con el objetivo de mantener las finanzas públicas en equilibrio.

En un estudio para 5 países en desarrollo de los cuales forma parte México, se determinó usando datos de 1895 a 1984 que existe una relación bidireccional entre el ingreso y gasto gubernamental, por lo tanto, las medidas de solución que establecían los autores Baffes y Shah para controlar el déficit consistían en incrementar los ingresos y recortar los gastos de forma simultánea (Baffes y Shah, 1990).

Neutralidad

No existe relación entre gastos e ingresos más allá de la legislación fiscal, los gastos e ingresos se desvinculan en la medida que cada uno de ellos tiene sus propios objetivos y esto se logra mediante la posibilidad de financiamiento alterno diferente a los impuestos. Baghestani y McNown (1994), argumentan que finalmente

la asignación de ingreso y gasto del gobierno son funciones supuestamente regidas por leyes e instituciones y en ese sentido pueden ser autónomas una de otra.

En la actualidad el estudio empírico de la relación que guarda el gasto con el ingreso ha sido un tema relevante y recurrente para las economías en vías de desarrollo que han presentado ciertos desequilibrios fiscales debido principalmente que al conocer el ánimo de causalidad entre ellas se puede ofrecer alguna alternativa de política económica. La diversidad de metodologías para abordar el problema, son amplias, aun cuando los últimos estudios se han llevado a cabo mediante modelos de vectores autorregresivos en sus diferentes modalidades.

III. Breve descripción de las variables fiscales en México

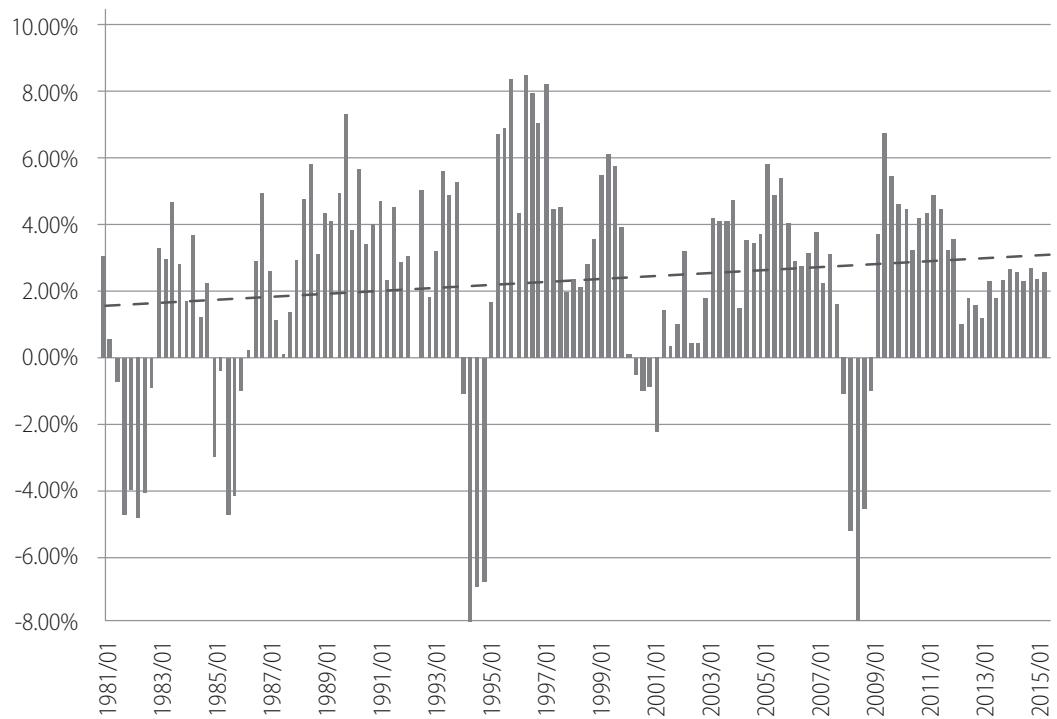
México al igual que muchos países de Latinoamérica enfrentó en 1982 una crisis económica ocasionada en gran medida por un mundo que cambiaba y al cual se enfrentaba con un lastre bastante importante originado por la deuda pública que en su mayoría era externa. A partir de ese año la economía nacional aprendería tres premisas que hoy en día siguen siendo el marco de actuación: Disciplina fiscal (austeridad), Privatización y liberalización económica. El cumplimiento de dichas premisas tendría por resultado crecimiento económico, que si bien se ha logrado por momentos es insuficiente y errático.

Desde el año mencionado el crecimiento de México ha presentado dos constantes: tasas bajas e inestables, como se puede apreciar en las gráficas 1 y 2, en donde se muestra el comportamiento de la tasa de crecimiento económico en términos trimestrales y anuales.

46

Gráfica 1

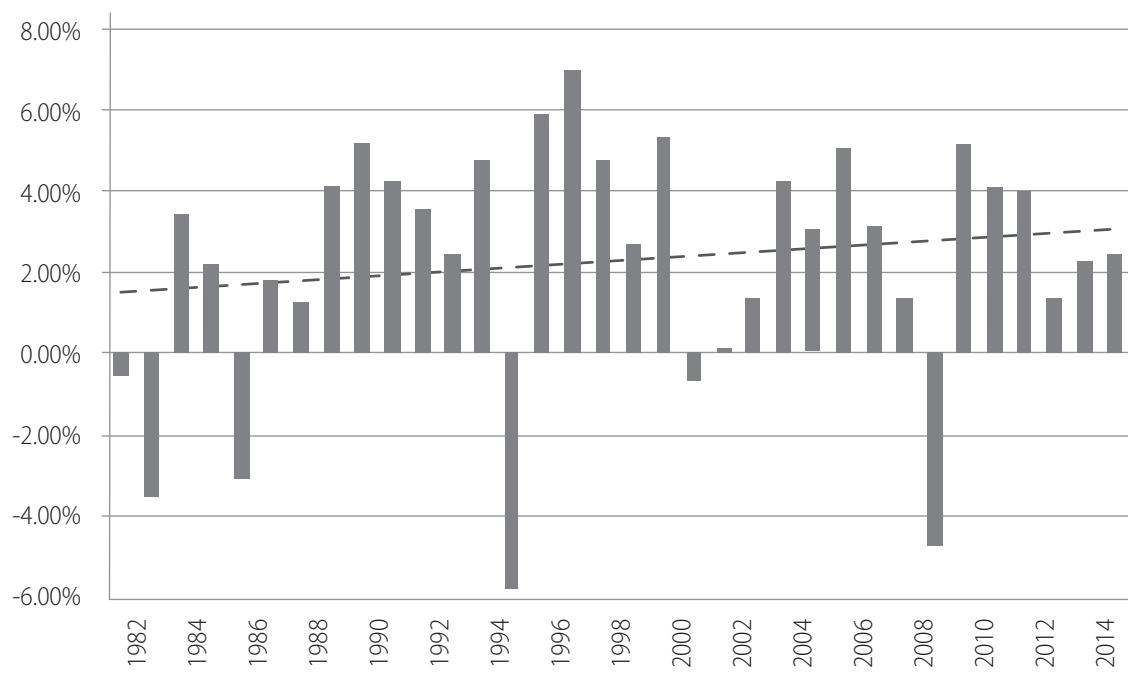
Tasas de crecimiento del Producto Interno Bruto en México.
Precios 2008, 1982-2015, datos trimestrales



Fuente: Elaboración propia con datos del Banxico.

Gráfica 2

Tasas de crecimiento del Producto Interno Bruto en México.
Precios 2008, 1982-2015, datos anuales



Fuente: Elaboración propia con datos del Banxico.

La presentación trimestral resulta importante ya que de acuerdo con el NBER (National Bureau of Economic Research) una economía que presenta dos trimestres consecutivos con tasa de crecimiento negativas se encuentra técnicamente en una recesión, en el periodo han ocurrido cinco eventos de crisis económica y en algunos otros de desaceleración.

La presentación de los datos anuales deja ver de una forma más clara cuál es la realidad del desempeño económico del país de 1982 a 2015, la tasa de crecimiento promedio fue de 2.30% en términos reales. Tomando en cuenta el crecimiento de la población la tasa de crecimiento es de 0.55%. Con ese nivel de crecimiento es poco probable que se pueda avanzar en temas de mejoramiento del bienestar de la sociedad, como es la reducción de la pobreza, la distribución del ingreso, la generación de empleos, etc.

En todo este periodo ¿qué ha pasado con las finanzas públicas, han mantenido una misma postura teórica o se han ajustado al cambio del contexto? En principio se analizará el ingreso presupuestal del Gobierno Federal mexicano y sus gastos presupuestales, para posteriormente realizar el primer acercamiento a la relación del ingreso presupuestal con el gasto primario.²

Tal como se había comentado en páginas anteriores de 1982 a 2015, se podrían establecer cuatro patrones de comportamiento en las finanzas públicas (Gráfica 3):

- En principio, de 1982 a octubre de 1990 el déficit fiscal tuvo una magnitud relevante y se debía básicamente al pago del servicio de la deuda. La estrategia que posibilitó la reducción del déficit fiscal tiene que ver con la renegociación de la deuda que se logra de forma satisfactoria mediante el

² El gasto primario es el gasto presupuestal sin considerar el costo de financiamiento, es decir el pago de intereses.

Plan Brady puesto en marcha en 1989.³ En 1987 el costo financiero representaba el 15% del Producto interno bruto, mientras que el déficit fiscal estaba ligeramente por del bajo del 11% en relación con el PIB, para 1990 el costo financiero representaba el 7% y el déficit era menor al 2% en relación con el PIB.

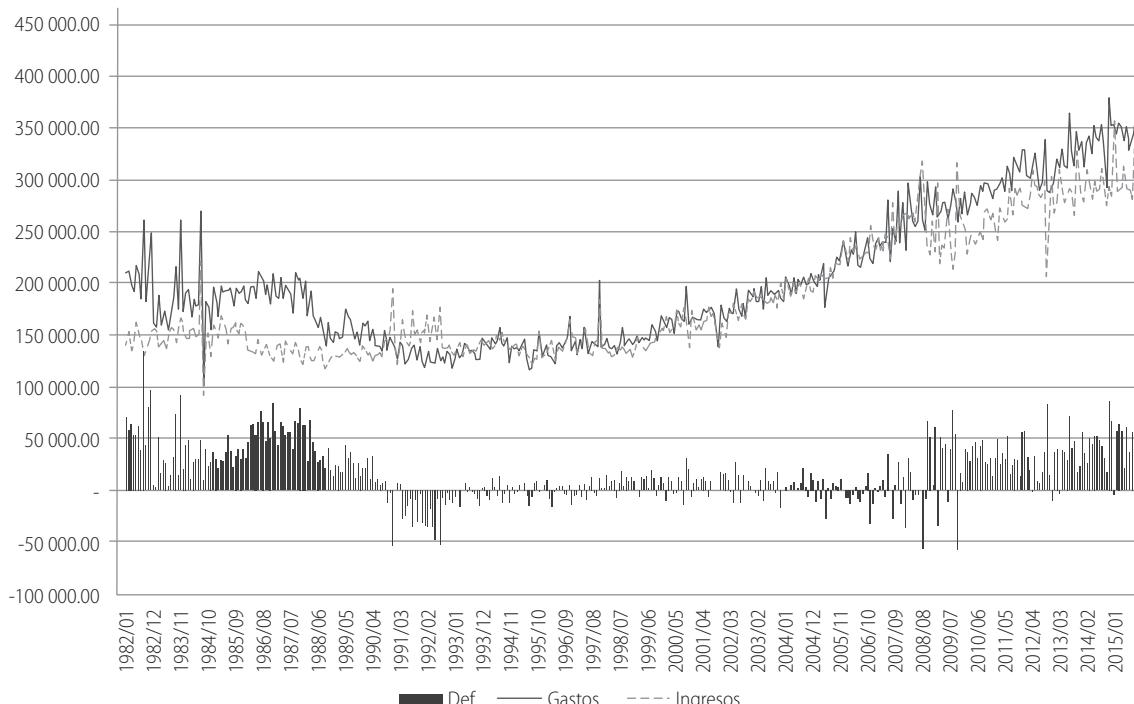
En el periodo los ingresos permanecieron relativamente estables con algunas variaciones que se debieron a los ingresos petroleros y los ajustes fueron principalmente en el gasto tanto corriente como de capital, de 1982 a 1990 pasaron del 12.2 % al 9.3% y del 6.4% al 3.0% respectivamente en relación con el PIB.

- El segundo momento tiene que ver con el periodo de noviembre de 1990 a octubre de 1994, época dorada del Salinismo, en el cual las finanzas públicas observan una salud inmejorable ejerciendo superávit, en parte la estrategia estuvo soportada en el proceso de privatizaciones que se había comenzado desde la década anterior. De acuerdo con Ramírez (2007), las privatizaciones tienen efectos de largo y corto plazo para las finanzas públicas, en el corto plazo (y se podría decir que en el muy corto plazo) se experimenta una mejoría en los ingresos y egresos ya que se obtienen ingresos por la venta y se disminuyen los gastos en el mantenimiento de las paraestatales. De largo plazo también se pueden mejorar los ingresos y gastos, en el primer caso las empresas privadas que ahora son eficientes pagan impuestos y por el lado del gasto si los recursos de las ventas de las empresas se usaron en pago de deuda se reduce el gasto en pago de intereses.

³ Para ampliar los detalles sobre el Plan Brady se puede revisar a Carsten y Gándara (1990).

Gráfica 3

Gasto e ingreso presupuestal del Gobierno Federal en México
Deflactados y desestacionalizados, 1982-2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Banxico.

En 1991 y 1992 el rubro de aprovechamientos representó cerca del 15% de los ingresos totales para cada año, cifra que fue mayor a la recaudación registrada por el IVA, esos ingresos extraordinarios se derivaron de las privatizaciones de los bancos comerciales y de Telmex. Por su parte la contracción del gasto seguía firme y se daba principalmente en el gasto de capital que en 1994 representaba tan sólo 2.9% del PIB, por su parte el servicio de la deuda, para ese año fue del 1.85% en relación con el PIB registro mínimo histórico de los últimos 35 años.

El tercer momento va de noviembre de 1994 a diciembre de 2007, en éste periodo las finanzas pueden parecer armonizadas, se ejercen pequeños déficits que son acompañados de algunos superávits. El esquema de precios altos del petróleo registrado a nivel mundial mejoró los ingresos públicos del país, en el año 2000

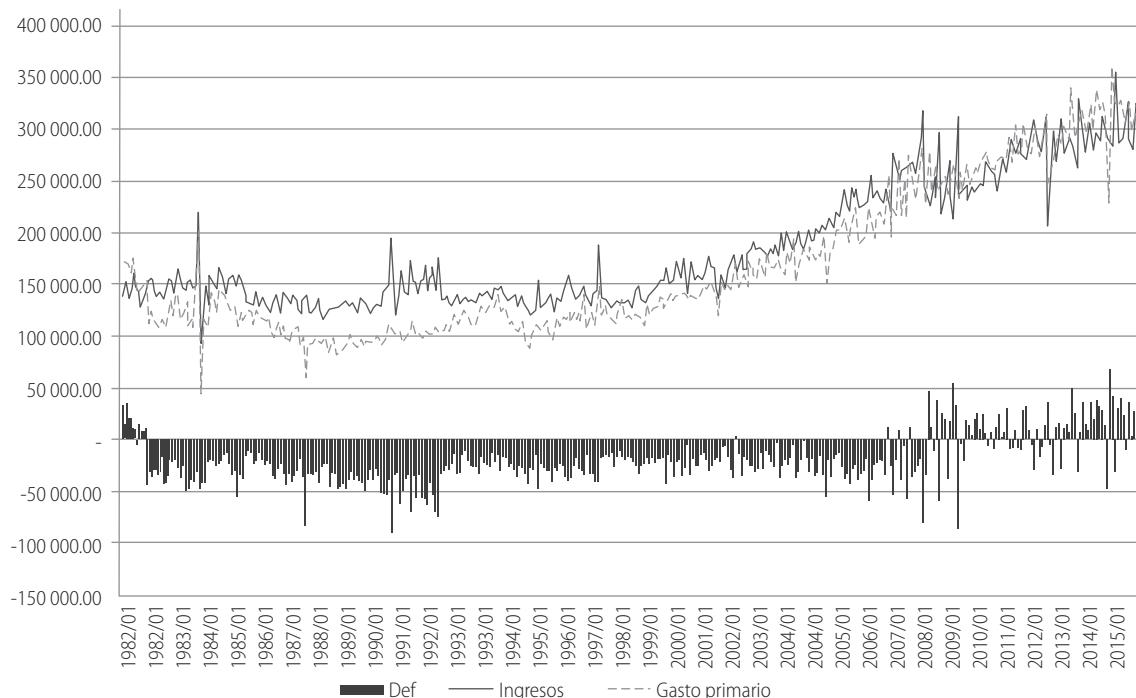
los ingresos petroleros representaban 4.9% del PIB y seis años después se ubicarían en 8.6%, nivel máximo por lo menos desde 1980 y hasta ese momento.

El gasto tuvo una tendencia ascendente derivada básicamente del gasto corriente que había pasado de 1994 a 2007 del 10.8% en relación con el PIB a 13.1%, mientras que el gasto de capital para los mismos años lo hizo del 2.9% al 3.6%. El costo financiero se había estabilizado y aun cuando ya no tenía el peso abrumante de los 80's representaba el de 2.8% del PIB.

La holgura que permitió la renta petrolera y el incremento del gasto podría encuadrarse en la *hipótesis de ingreso-gasto*, en función de que los ingresos petroleros no conllevan una carga fiscal para los contribuyentes lo que hace más baratos los servicios públicos e incrementa la demanda por los mismos.

Gráfica 4

Gasto primario e ingreso presupuestal del Gobierno Federal en México
Deflactados y desestacionalizados, 1982-2015



Fuente: Elaboración propia con datos del Banxico.

- El cuarto escenario que va de 2008 a 2015 se caracteriza por haber regresado de nueva cuenta al uso de las finanzas públicas que se permiten la operación de recursos deficitarios. La crisis de los subprimes dio por resultado a nivel teórico una serie de reflexiones que apuntaban a replantear el uso activo de la política fiscal, mientras que en la práctica diversas economías comenzaron a instrumentar medidas de reducción de tasas impositivas y ampliación del gasto público con la intención de palear los efectos perniciosos de la crisis.

En este periodo el país continuó con la ampliación de su gasto público presupuestal en sus tres grandes agregados que son el gasto corriente, el de capital y las participaciones a entidades federativas (Gráfica 5). La variación del gasto de 2007 a 2015 representaba poco más

de 5 puntos porcentuales del PIB, mientras que la de los ingresos fue de 1.7 puntos, en todo el periodo se registró el uso de gasto deficitario, derivado en buena medida por la condición de que los ingresos tributarios no fueron capaces de subsanar la caída del ingreso petrolero.

La hipótesis *gasto-ingreso* en su versión keynesiana podría explicar en cierta medida la tendencia del gasto, pero dado el incremento de los impuestos realizados en la reforma fiscal del actual gobierno y de los incrementos al precio del diésel y la gasolina dan espacio en la valoración del TER y por otra parte dado que el incremento en el gasto se ha dado con mayor énfasis en el gasto social⁴ no se puede dejar de lado el argumento de Peacock y Wiseman (1979).

⁴ En 1990 el gasto clasificado como gasto social representaba el 4.9% del gasto programable del sector público para 2015 su magnitud era del 12.42%

La Gráfica 3 da una panorámica completa al respecto de la relación cambiante que han tenido las finanzas públicas en lo relativo a sus ingresos y gastos presupuestarios tal como se ha comentado. Pero si la historia se cuenta usando el gasto primario en lugar del gasto presupuestal total se tendría otra visión que se puede remitir a dos escenarios distintos de acuerdo con la manifestación del déficit, ya que, durante una gran cantidad de años, 26 para ser exactos, las finanzas públicas ejercieron un superávit primario, como se puede apreciar en la *Gráfica 4*.

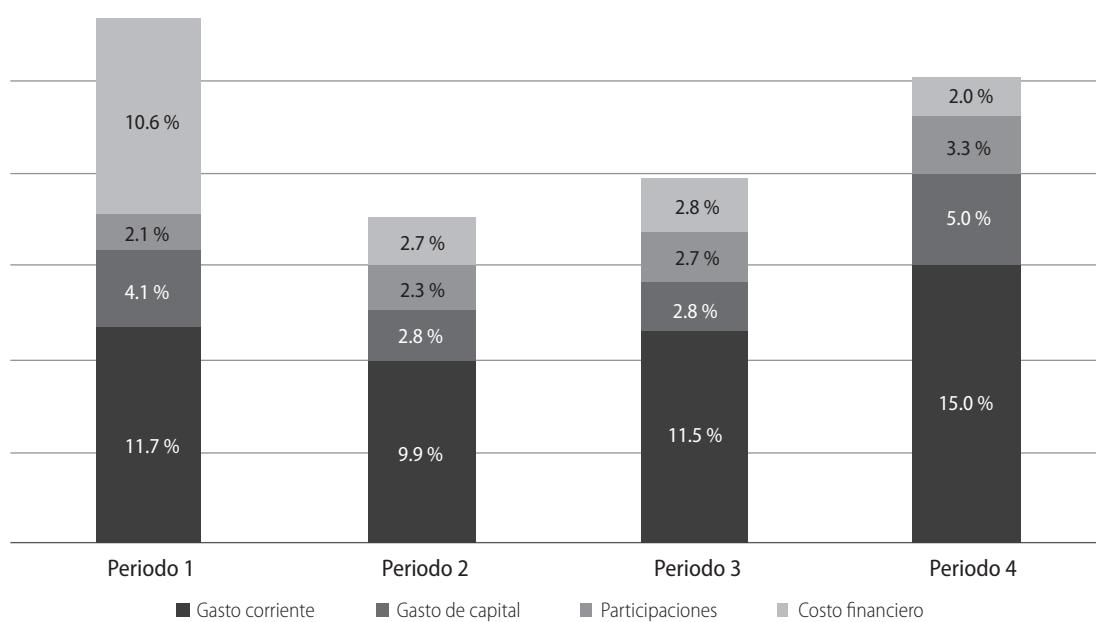
minales cada año es mayor al anterior en términos reales una vez que se descuenta la inflación correspondiente se tiene una tasa de crecimiento negativa alrededor de 1.5 puntos porcentuales para cada año. Por lo cual 2016 representa el inicio de un posible cambio en la relación de los flujos de las finanzas públicas al nivel de agregación que se ha trabajo en el presente documento

IV. Datos, modelo y resultados

Los datos utilizados son mensuales y corresponden al periodo de 1982 a 2015, la razón

50

Gráfica 5 Composición del gasto presupuestal (gastos promedio para cada periodo % PIB)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banxico.

Es importante considerar que el presente año 2016 se ha iniciado con un regreso a las medidas de control del gasto público relacionadas con una menor cantidad de recurso provenientes de los hidrocarburos para 2017 la política de recortes parece continuar de acuerdo con el proyecto de presupuesto de egresos de la federación correspondiente y aun cuando en términos no-

para tomar tal periodo consiste en contar con un lapso de tiempo lo suficientemente amplio para llevarnos a conclusiones al respecto, tomando en cuenta que durante todo ese tiempo la política económica que se realizó estuvo sueditada al paradigma neoclásico. Los cambios a nivel de política fiscal han respondido más a una condición de coyuntura que a decisiones de cambio en la manera en la que se aprecian

los efectos en la misma, el miedo al uso de la política fiscal es una condición arraigada en la mente de la sociedad, la cual siempre observa con satisfacción las políticas de austeridad.

Las variables de trabajo son las referentes al ingreso presupuestal (I), gasto presupuestal (G) y gasto primario (GP). Todos los datos están deflactados y desestacionalizados. Para deflactar los datos se utilizó el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), mientras que para desestacionalizarlos se implementó un mecanismo conocido como Tramo/Seats, desarrollado por Gómez y Maravall (1996).⁵

Analizando el grado de integración de las variables, los resultados de la prueba de raíces unitarias (Cuadro 1) arroja evidencia suficiente para argumentar que las series tienen un orden de integración I(1), por lo tanto se puede establecer una relación de largo plazo siempre y cuando los residuales presenten un orden de integración I(0), lo que indicará que las variables están cointegradas y por lo tanto se elimina la crítica de la relación espuria. En ambos casos los residuales resultaron estacionarios, es decir I(0).

Un procedimiento necesario al tener tantas y diferentes posturas teóricas,⁶ es comprobar la causalidad de la relación, o bien utilizar un VAR (modelos de vectores autorregresivos) que es un modelo a-teórico que trata de brindar mayor información al respecto de todas las posibles explicaciones entre variables. Normalmente se usa el VAR cuando se tienen series de orden de integración al menos de primer orden y si dichas series además están cointegradas se puede usar un VEC (Modelos de vectores de corrección de error).

Las presunciones de al menos dos posturas teóricas (gasto-ingreso, ingreso-gasto) conducen a suponer que alguna de las dos variables debe ser considerada como exógena, para determinar ese hecho se podría usar la prueba de causalidad de Granger (Engel y Granger, 1987), dicha prueba se realiza al estimar las siguientes ecuaciones y es correcta su valoración siempre y cuando las variables estén cointegradas:

⁶ De hecho, tantas como se podrían tener en la relación de dos variables.

Cuadro 1

	DFA			KPSS(16)	
	a	b	c	a	b
I	-0.26 (17)	-1.77 (17)	1.78 (17)	2.22 (16)	0.56 (16)
DI	-14.98 (17)***	-14.99 (17)***	-14.85 (17)***	0.81 (16)***	0.05 (16)***
GP	-0.14 (17)	-1.97 (17)	1.098 (17)	1.97 (16)	0.55 (16)
DGP	-15.91 (17)***	-15.98 (17)***	-15.87 (17)***	0.1 (16) ***	0.05 (16)***
GP	-0.49 (17)	-1.39 (17)	1.2 (17)	1.56 (16)	0.6 (16)
DG	-18.86 (17)***	-13.83 (17)***	-18.81 (17)***	0.13 (16)***	0.09 (16)***

Dónde: I es el ingreso presupuestal en logaritmo, GP es el gasto primario en logaritmos y G es el gasto presupuestal.

Nota: Las dos primeras pruebas estadísticas pretenden rechazar la hipótesis nula. Los valores críticos para un nivel de significancia del 5%, para las pruebas ADF con un tamaño de 500 son -3.42 incluyendo constante y tendencia (modelo b), -2.87 incluyendo constante (modelo a) y -1.95 sin constante ni tendencia (modelo c) Maddala y Kim (1998: 64). En el caso de la prueba KPSS la hipótesis nula confirma que la serie estacionaria y sus valores críticos al 5% son 0.463 (modelo a) y 0.146 (modelo b). La letra D que antecede a la nomenclatura de las series de datos se refiere a la primera diferencia de las series respectivamente.

⁵ Tramo (Time Series Regression with ARIMA Noise, Missing Observation, and Outliers) y Seats (Signal Extraction in ARIMA Time Series).

$$I = \alpha_0 + \alpha_1 I_{t-1} + \dots + \alpha_J I_{t-J} + \beta_1 GP_{t-1} + \dots + \beta_J GP_{t-J} + \varepsilon_t$$

$$GP = \alpha_0 + \alpha_1 GP_{t-1} + \dots + \alpha_J GP_{t-J} + \beta_1 I_{t-1} + \dots + \beta_J I_{t-J} + u_t$$

■ Donde:

I y GP = Variables endógenas de interés

J = al número de rezagos usados

ε y u = a los errores o perturbaciones aleatorias

La primera ecuación establece que “ I ” está relacionada con sus valores pasados, así como con los valores pasados de “ GP ”, la segunda ecuación establece una conclusión similar para “ GP ”. Una vez comprobada la cointegración de las variables tanto en el periodo completo 1982-2015 como en los diferentes subperiodos descritos anteriormente, es posible suponer que existe una dinámica de largo y corto plazo. Dados los propósitos del documento de aportar evidencia sobre la verificación de distintas posturas es suficiente presentar las pruebas de causalidad de Granger.

En el Cuadro 2, se presentan los resultados de la prueba de causalidad a la Granger para los ingresos presupuestales y los gastos primarios. Es interesante notar que para el periodo completo 1982-2015, se da una sincronización entre los ingresos y los gastos lo que nos indica que existe una relación de retroalimentación entre ambos flujos, pero eso no podría encontrar una respuesta en el sentido de lo que comentan Musgrave (1966) y Meltzer y Richard (1981) sobre la valoración y percepción que tienen los agentes económicos en relación con el cobro de impuestos y el uso de los recursos y es que en México los ingresos petroleros jugaron un papel sustancial como un ingreso adicional que permitió la posibilidad de mantener gastos adicionales.

Sin embargo, independientemente de los recursos adicionales, no es posible desconocer que en un escenario amplio las finanzas públicas tienden a un déficit cero ya que los déficit

52

Cuadro 2
Prueba de Causalidad de Granger

Hipótesis Nula					
		1982/01-2015/12	Estadístico-F	Probabilidad	
I no explica a GP GP no explica a I	Rezagos (4)	2.46	0.045	**	Sincronización
		4.79	0.001	***	
		1982/01-1990/10	Estadístico-F	Probabilidad	
I no explica a GP GP no explica a I	Rezagos (4)	1.54	0.197	**	Gasto-Ingreso
		2.74	0.033		
		1990/11-1994/10	Estadístico-F	Probabilidad	
I no explica a GP GP no explica a I	Rezagos (4)	0.65	0.627	**	Gasto-Ingreso
		2.73	0.043		
		1994/11-2007/12	Estadístico-F	Probabilidad	
I no explica a GP GP no explica a I	Rezagos (4)	0.92	0.456	**	Gasto-Ingreso
		2.59	0.039		
		2008/01-2015/12	Estadístico-F	Probabilidad	
I no explica a GP GP no explica a I	Rezagos (4)	0.28	0.887	*	Gasto-Ingreso
		2.41	0.055		

Dónde: I es el ingreso presupuestal en logaritmo y GP es el gasto primario en logaritmos. (Los asteriscos indican el nivel de confianza con el cual se rechaza la hipótesis nula y es * a 10%, ** a 5% y *** 1%)

son compensados con superávits por lo que no sería raro pensar que en el largo plazo las finanzas públicas tienden a ser ortodoxas y siendo así validan la hipótesis de la sincronización fiscal.

En los periodos 1982-1990, 1990-1994 y 1994-2007, se verifica la hipótesis gasto-ingreso, bajo la cual se supone que el componente exógeno es el gasto público, sin embargo, en México la explicación apropiada no tiene que ver con una lógica de una política fiscal expansiva, sino más bien un gobierno reactivo a una condición de hechos en los cuales es capaz de ajustar su gasto a los recursos disponibles independientemente del efecto que esto tenga en el desempeño de la economía.

gasto ser seguido por los ingresos. Por lo tanto, aun cuando el gasto se manifiesta exógeno en todos los periodos, las explicaciones son distintas.

En el Cuadro 3, se muestran los resultados de la prueba de causalidad de Granger, pero usando ahora el gasto presupuestal en lugar de tan sólo el gasto presupuestal primario, que como se ha comentado la diferencia entre ambos es el costo financiero de la operación del Estado, el pago de intereses.

Tal como quedó en evidencia en las Gráficas 3 y 4, la implicación de usar el gasto presupuestal o el gasto primario a la hora de comparar con los ingresos presupuestales tiene que

Cuadro 3
Prueba de Causalidad de Granger

Hipótesis Nula					
		1982/01-2015/12	Estadístico-F	Probabilidad	
I no explica a G		Rezagos (4)	1.67	0.155	
G no explica a I			2.57	0.038	** Gasto-Ingreso
		1982/01-1990/10	Estadístico-F	Probabilidad	
I no explica a G		Rezagos (4)	0.86	0.489	
G no explica a I			0.90	0.469	Neutralidad
		1990/11-1994/10	Estadístico-F	Probabilidad	
I no explica a G		Rezagos (4)	1.42	0.244	
G no explica a I			1.37	0.262	Neutralidad
		1994/11-2007/12	Estadístico-F	Probabilidad	
I no explica a G		Rezagos (4)	1.13	0.343	
G no explica a I			3.11	0.017	** Gasto-Ingreso
		2008/01-2015/12	Estadístico-F	Probabilidad	
I no explica a G		Rezagos (4)	0.34	0.849	
G no explica a I			2.44	0.053	* Gasto-Ingreso

Dónde: I es el ingreso presupuestal en logaritmo y G es el gasto presupuestal. (Los asteriscos indican el nivel de confianza con el cual se rechaza la hipótesis nula y es * a 10%, ** a 5% y *** a 1%).

En el periodo 2008-2015, aun cuando se podría tomar marginalmente el gasto como exógeno (a 10%), la razón es muy distinta a los periodos subsecuentes. La política fiscal tiene toques expansivos por el lado del gasto, independientemente de qué tan fielmente pueda el

ver con el resultado en el saldo fiscal. En el periodo completo 1982-2015 a diferencia del uso de gasto primario, el Cuadro 3, muestra evidencia sobre la hipótesis gasto-ingreso. En los periodos de 1982-1990 y 1990-1994, se evi-dencia una postura de neutralidad, que puede

54

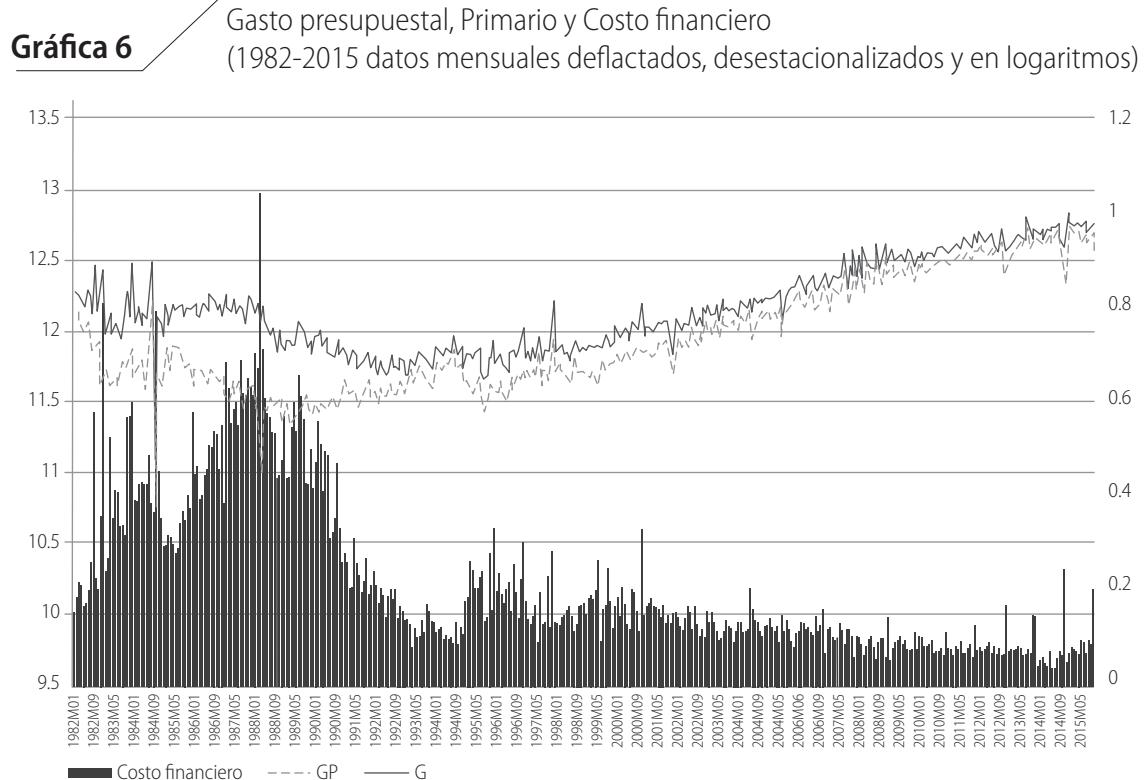
ser explicada en el primer caso por una lógica de gastos presupuestales inflados por el costo financiero derivado del pago de intereses, por lo que no se logra una relación entre los ingresos y los gastos presupuestales. En el segundo caso se tiene una serie de ingresos adicionales procedentes de los procesos de privatización que se tienen en esos años y que son registrados como ingresos adicionales (Ramírez, 2007).

La historia posterior en los períodos de 1994-2007 y 2008-2015 son muy similares tanto para el gasto primario como para el gasto presupuestal y la razón que puede explicar eso es que en los dos períodos referidos el gasto en pago de intereses se ha mantenido relativamente constante lo que hace que las series se muevan de manera uniforme como se puede apreciar en la Gráfica 6.

V. Conclusiones

De acuerdo con la evidencia presentada se puede argumentar que en los últimos 35 años la relación que han mantenido los ingresos y los gastos públicos ha sido diferente, pudiendo comprobar tres de las cuatro hipótesis que se exploraron en la revisión de la literatura:

En el caso de la neutralidad entre las variables esto se da en dos períodos en los cuales la política fiscal resultaba neutral al comportamiento de la economía, en los momentos de recesión y bajo crecimiento no abonaban para tratar de sortearla y en el periodo de la recuperación los ingresos extraordinarios no podrían vincularse al gasto dado que dependían de otros factores como los esquemas de privatización, liberalización y desregulación.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banxico.

- La sincronización fiscal habla de un proceso de bidireccionalidad en el cual las variables no son exógenas una de otra y en el caso de México se verifica tan sólo en el periodo completo. Como ya se comentó tal parece que la sincronización fiscal obedece a una lógica ortodoxa de las finanzas públicas, en la cual los gobiernos se asemejan a una empresa y están obligados a pagar sus deudas en algún momento. En un contexto más heterodoxo esto podría o no cumplirse ya que la deuda no importa por su magnitud nominal sino por su relación con el nivel de producto de la economía.⁷
- La hipótesis gasto-ingreso que se verifica en diferentes períodos es de suyo complicada de explicar para una economía que tiene recursos adicionales y que es capaz de ajustar su ingreso a su gasto mediante ajustes en los precios del petróleo, la pérdida de significancia para el último periodo puede estar inmersa en esa lógica de precios del petróleo a la baja y un gobierno que aumentó su gasto a costa de incrementar sus niveles de deuda. Un problema sustancial que tiene el incremento del gasto consiste en su capacidad para modificarse y eso dependerá en mucho de no generar una población rentista de los ingresos del Estado, la mejor forma de lograr la flexibilidad del gasto es destinarlo a gasto de capital y a programas sociales que en realidad logren la independencia de ingreso de los beneficiarios.



Es menester mencionar que el gasto en México sigue siendo bajo en comparación con otras economías en condiciones similares, no obstante, mientras el país no sea capaz de realizar una reforma tributaria que mejore los ingresos públicos es difícil pensar en un incremento del gasto que sea suficiente a los requerimientos de país, así mismo mientras no se mejore el marco institucional que dé garantías respecto a la eficiencia en el uso de los recursos la solución no consiste en incrementar el gasto gubernamental.

Algunos ajustes y consideraciones que podrían mejorar el nivel de análisis y la contundencia de la explicación tiene que ver con la desagregación del gasto y los ingresos. En el caso del gasto desagregándolo en corriente y de capital y por el lado del ingreso trabajando sobre ingresos petroleros y no petroleros o bien sobre ingresos tributarios y no tributarios. De forma adicional a sólo considerar los flujos de gastos e ingreso también

⁷ A este respecto podría revisarse los trabajos de Do-mar (1944), Lerner (1947) y Ramírez (2008).

se podrían incluir el saldo fiscal, la actividad de la economía, los niveles de endeudamiento, etc.

Por último, el presente documento es una primera aproximación a las relaciones del gasto e ingresos públicos, por lo que en siguientes avances se tomarán en cuenta la desagregación de los datos y la generación de algunos modelos dinámicos sobre los cuales se puedan establecer algunas propuestas de política económica relacionada al ejercicio del gasto público y su determinación.

Bibliografía

56

- Anderson W. et al (1986), "Government spending and Taxation: What Causes What?", *Southern Economic Journal*, Vol. 52, No. 3, pp. 630-639
- Baffes J. y Shah A., (1994) "Causality and comovement between taxes and expenditures: Historical evidence from Argentina, Brazil, y México", *Journal of Development Economics*, 44.
- Baghestani, H. y McNown R., (1994) "Do Revenues or Expenditures Respond to Budgetary Disequilibria?" *Southern Economic Journal* 60.
- Barro R., (1974) "Are Government Bonds Net Wealth?", *The Journal of Political Economy*, Vol. 82, No. 6, Nov-Dec. 1974.
- Barro R., (1979) "On the determination of public debt", *The Journal of Political Economy*, Issue 5, part. 1.
- Barro R., (1989) "The Ricardian Approach to Budget Deficit", *Journal of Economic Perspectives*, 3, Spring 1989.
- Barro R., (1996) "Reflection on Ricardian Equivalence" NBER, WP. 5502
- Buchanan J. y Wagner R., (1978) "Dialogues concerning Fiscal Religion," *Journal of Monetary Economics* 4.
- Carsten t. y Gándara G., (1990) "El Plan Bardy y la negociación de la deuda mexicana", *Revista de comercio exterior*, Vol. 40, No. 4.
- Domar E., (1944) "The Burden of the Debt and the National Income", *The American Economic Review*, Vol. 34, No. 4.
- Engel R. y Granger C., (1987) "Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, No. 52(2).
- Fasano U. y Wang Q., (2002) "Testing the Relationships between Government Spending and Revenue; Evidence from GCC Countries" IMF Working Paper.
- Friedman, M. (1978), "The limitations of tax limitations", *Policy Review*, summer, 7-14.
- Lerner A., (1947) "Money as a Creature of the State", *The American Economic Review*, Vol. 37. No. 2.
- Maddala G. y Kim I., (1998), "Unit roots, cointegration and structural change", Cambridge University Press.
- Meltzer A. y Richard S., (1981) "A rational theory of the size of government", *Journal of Political Economy* 89.
- Musgrave R., (1966) "Principles of budget determination" In *Public Finance: Selected Readings* eds. H. Cameron and W. Henderson. New York: Random House.
- Peacock, A, Wiseman, J. (1979), Approaches to the analysis of Government expenditure growth. *Public Finance Quarterly*, 7, 3-23
- Ramírez E., (2007) "El Proceso de Privatización: Antecedentes, Implicaciones y Resultados", *Contaduría y Administración*, No. 222, FCA-UNAM.
- Ramírez E., (2008) "La Política Fiscal desde una perspectiva de Crecimiento Endógeno, Equilibrio Presupuestal y Fluctuaciones de Corto Plazo", *Problemas de Desarrollo*, IIE-UNAM, Vol. 39, Núm. 152.
- Vuletin G., (2003) "Sostenibilidad de las políticas fiscales, exogeneidad y causalidad entre ingresos y gastos para las provincias argentinas", *Económica*, La Plata, Vol. IL, No. 1-2

Estimado(a) colaborador(a):

A continuación presentamos los criterios técnicos para la presentación de artículos de la revista Economía Informa.

Requerimientos del texto:

- Una página principal que incluya: título del artículo, nombre completo del autor, resumen académico y profesional, líneas de investigación, dirección, teléfono y correo electrónico.
- Un resumen del artículo de máximo 10 líneas.
- Incluir la clasificación (JEL) y tres palabras clave.
- Usar notas al pie de página ocasionalmente y sólo si son indispensables.
- Citas y referencias en el texto deben cumplir con los requisitos del sistema de referencias Harvard.
- Explicar por lo menos una vez los acrónimos y/o abreviaturas usadas en el texto.
- La bibliografía final debe también cumplir los criterios del sistema de referencia Harvard. La lista de referencias debe corresponder con las citas del documento.

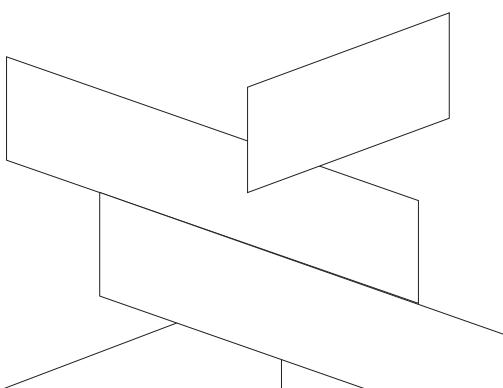
57

Extensión y características técnicas:

- Ningún artículo puede exceder 30 páginas; incluyendo todas las secciones del manuscrito.
- Debe estar en Word.
- La letra debe ser Times New Roman, tamaño 12.
- El formato es tamaño carta (A4).
- No se usa sangrías (ni en el texto ni en las referencias bibliográficas)
- El uso de itálicas está reservado para el título de libros, journals, nombres científicos y letras que no estén en castellano.
- El uso de comillas está reservado para el título de: artículos, capítulos de libros y citas incluidas en el texto.

Tablas, gráficos y otros materiales de apoyo:

- Preferiblemente en Excel. De lo contrario usar: jpeg, tiff, png o gif.
- Se deben proporcionar los archivos originales en un sólo documento.
- Incluir los materiales también en el texto.
- Deben ser auto contenidos. Es decir, no se necesita del texto para ser explicados. No incluir abreviaciones. Indicar de manera clara las unidades de medida así como citas completas.
- Deben encontrarse en blanco y negro.
- Las tablas deben ser simples y relevantes.
- Los títulos, notas y fuentes del material deben ser capturados como parte del texto del documento. No deben ser insertados en el cuerpo del gráfico, figura y/o tabla.



Perspectivas

Las formas de medir el impacto y la dinámica de los procesos de innovación en la economía presentan diversos retos metodológicos. Uno de ellos es la aplicación de nuevas herramientas y aproximaciones conceptuales para analizar el cambio tecnológico desde una perspectiva multidimensional y compleja. En este sentido, nuestra sección *Perspectivas*, presenta un trabajo

que utiliza la medida de la entropía y el modelo NK como una alternativa para la medición de la diversidad en patentes desde una propuesta de sistemas complejos. Se presenta también un artículo que discute los factores que afectan a los precios de los alimentos en México desde 1990 a la fecha, sin duda un tema de vital importancia para el análisis de la economía en nuestro país.

Diversidad en el sector tecnológico de baterías. Una propuesta metodológica basada en la medición de entropía con patentes

*Technological diversity in the battery technology sector.
A methodology based on entropy measurement and use of patents*

Juan Reyes Álvarez *

Resumen

El trabajo propone una metodología para la medición de la diversidad tecnológica, se considera la entropía como un indicador usando a las patentes y además se conceptualiza la evolución de la diversidad desde una propuesta de los sistemas complejos. Se toma como ejemplo el sector tecnológico de las baterías dada su relevancia actual en la economía.

Resumen

This paper proposes a methodology to measure technological diversity. It is through Entropy (information theory Shannon) and patents as the indicator is constructed. The interpretation is based on the theory of complex systems and concepts of exploration and exploitation. The battery technology sector is the case study for its current importance in the economy.

* Profesor colaborador Benemérita

Universidad Autónoma de Puebla, sus áreas de trabajo son: la econometría, economía monetaria y financiera, así como política fiscal.

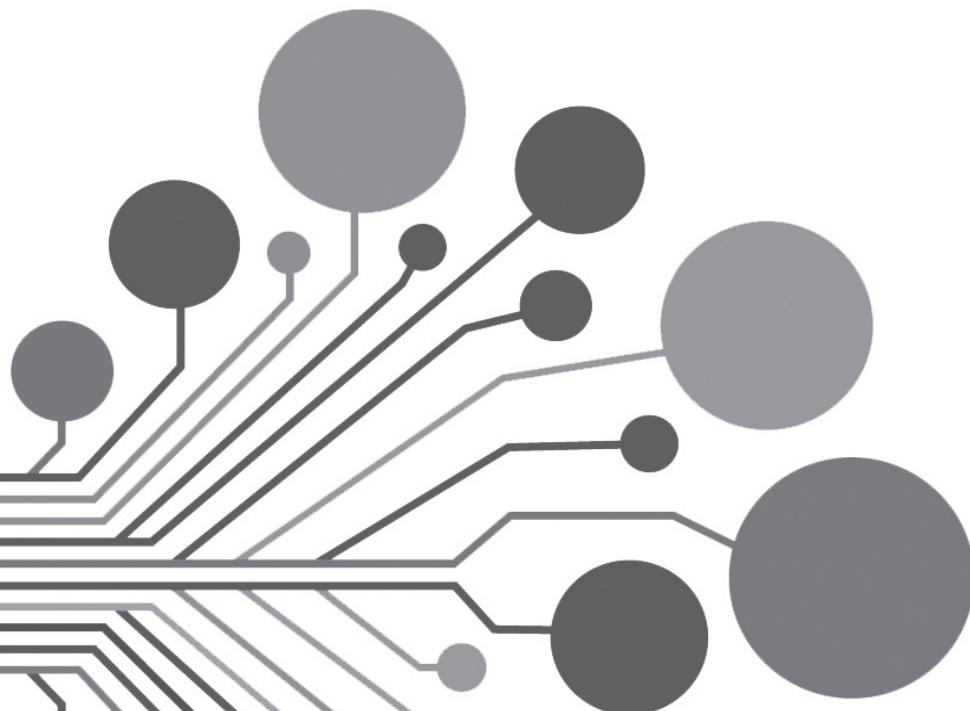
Palabras clave

*Diversidad, Exploración, Explotación,
Patentes*

Key words

*Diversity, Exploration, Exploitation,
Patents*

JEL



Introducción

La evolución de un sector tecnológico puede ser explicada mediante un fenómeno de exploración y explotación, esto significa que existen dos tipos de búsqueda: una más allá de lo local de algún sector tecnológico (exploración lo desconocido) y otra donde se aprovecha lo adyacente posible (explota lo conocido). Este fenómeno se expresa en la emergencia de nuevos diseños tecnológicos: en el crecimiento de diversidad tecnológica.

Una tecnología que puede servir de ejemplo para describir este fenómeno son las baterías. En principio las baterías se han vuelto omnipresentes, casi toda la población mundial adulta tiene al alcance un teléfono celular y esto implica una batería, si a esto se añade, toda la diversidad posible de celulares, y otros artefactos que hacen uso de una batería podemos deducir que la diversidad de ellas es casi imposible de cuantificar.

En ese tenor, el trabajo tiene como primer objetivo describir la evolución del sector tecnológico de baterías haciendo hincapié en el fenómeno de exploración y explotación que se da a lo largo de la vida de dichas baterías, por otro lado, como un segundo objetivo se propone una metodología explícita para la obtención de indicadores de diversidad mediante el uso de patentes que complementa el análisis de los conceptos de exploración y explotación, y como objetivo último se hace explícita una propuesta de análisis desde la perspectiva de la complejidad.

En ese tenor el artículo se divide en 6 apartados: en el primero se hace mención de cómo los conceptos de exploración y explotación son retomados en la economía de la innovación; en segundo se identifica cómo a partir de la perspectiva de la complejidad podemos descomponer y construir el sector tecnológico de

las baterías; en el tercer apartado se describe la metodología para la medición de la diversidad tecnológica; en el siguiente se hace descripción del proceso; por último se dan las conclusiones.

1. Exploración y Explotación

Exploración y explotación son un par de conceptos que desde la gestión tecnológica (Tushman y Anderson, 1986; Anderson Tushman y 1990) y parte de la economía de la innovación (Levinthal y March, 1993) han sido retomados para la interpretación de la evolución de los sistemas tecnológicos y de artefactos principalmente, y también desde una visión de los sistemas complejos (Frenken, 2006; Page, 2011) y que son ahora parte de la economía institucional y evolutiva. En principio dichas coincidencias surgen a partir de analizar cómo las empresas responden a los estímulos del mercado dadas sus capacidades en la búsqueda de al menos dos fenómenos: 1) Explotar los productos de los que tienen experiencia y de los que el mercado demanda; 2) Explorar nuevos posibles productos que generen posibles ganancias.

La explotación se sustenta principalmente en economías de escala, y la empresa tiende a la especialización de algunos productos, asimismo, esto exige rutinas dentro de la empresa (Nelson y Winter, 1982). A la larga la empresa se vuelve miope –por la especialización–, no ve más allá de su vecindad, ni la generación de nuevos productos (Levinthal y March, 1993:101). Por otro lado, la empresa también enfrenta **cambios** en las necesidades de sus consumidores y **competencia** de otras empresas, por lo que esa especialización podría llevar a sus productos a ser desplazados. Por otro lado, totalmente nuevos productos o desarrollos tecnológicos siempre son riesgosos (aun con estudios de previsión y planeación no



se sabe si el mercado los aceptará), sin embargo, la exploración de nuevos productos le permite acceder a posibles nichos de mercado. La empresa se enfrenta a una decisión, explorar en zonas no adyacentes o explotar lo local. En ese tenor la decisión de permanecer en nichos de mercado seguros o moverse para explorar nuevos tiene un *trade-off*: la explotación de un producto puede estar segura en el presente, pero depreciarse en el tiempo por la presión de la competencia, por otro lado, la exploración de nuevos productos es incierta al no saber cómo responderá el mercado. Al respecto, la empresa podría resolver dicho *trade-off* por medio de dos alternativas: una estrategia de equilibrio puntuado y de empresa ambidiestra.

March (1991) y Levinthal (1998) describen que una empresa busca en principio la novedad para hacerse de uno o varios nichos y luego explotar los que resulten más beneficiosos. El

proceso iniciaría de exploración de diseños (en productos, rutinas y organizaciones) al cual le continúa uno de explotación o de **selección** de aquellos productos y procesos que le resulten más beneficiosos, en éste sentido el proceso de exploración (dados los recursos invertidos en la búsqueda) tendría que ser mucho más corto que el de explotación. Esto mostraría un proceso primero de diversidad de diseños para después un declive de ésta permaneciendo constante (la diversidad) por un largo periodo. Este proceso se le denominó equilibrio puntuado por Anderson y Tushman (1990) al hacer analogía a la teoría de los paleontólogos Eldredge y Gould (1972).

Por otro lado He y Wong (2004), plantearon que la empresa afronta el *trade-off* mediante un equilibrio entre la búsqueda de nuevos nichos (por ejemplo lanzando nuevos productos) y explotando los existentes en un mercado

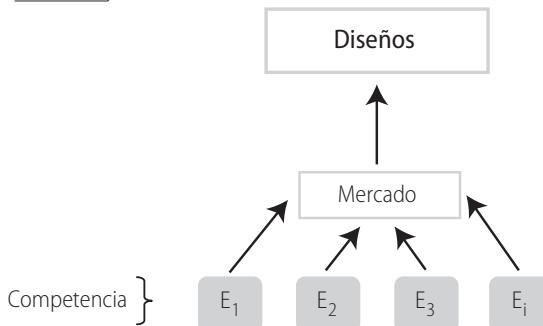
maduro o en el que tiene experiencia. Esta forma de búsqueda equilibra el *trade-off* en la empresa, siendo una combinación de exploración y explotación, a las empresas que desarrollan la capacidad se les suele denominar **empresa ambidiestra**.

Hasta aquí se puede observar un análisis a nivel de firma, sin embargo, Anderson y Tushman (1990), March (1991) y Levinthal (1993), utilizan el concepto de exploración y explotación también para describir la evolución de sectores tecnológicos, la explicación que apuntan es: 1) Surge un proceso de exploración de varias tecnologías en un mismo sector, seguido de la explotación de las tecnologías más aptas en el mercado. Este proceso de exploración y explotación puede ser expresado en cambios en la diversidad de tecnologías, donde los incrementos de diversidad son traducidos en exploración de tecnologías y un decremento en explotación de aquellos con niveles de adaptación o aptitud más altos.

La forma en que interactúan dichas búsquedas, puede dar resultado a un proceso donde emergen diseños muy diferenciados. Por ejemplo, el conjunto “E” de empresas está representado en el Esquema 1, cada empresa propone una estrategia ante la competencia, dada la interacción de estrategias, surgirá una diversidad de propuestas. Después de la búsqueda de cada empresa se presentan muchas variedades tecnológicas de un mismo sector, tras la competencia podrían emerger algunas tecnologías dominantes en el mercado. La tecnología en ese sentido se puede definir como un diseño. Al respecto, Abernathy y Utterback (1978) definen como un diseño dominante, aquel diseño que se encuentra estandarizado en una industria.

Figura 1

Competencia entre diseños de un sector tecnológico



Entre la búsqueda de nuevos diseños emergen paisajes de aptitud,¹ este paisaje puede concebirse también como una mezcla de innovaciones con diferente nivel de importancia en un sector o mercado (como se muestra en la figura 2). Por ejemplo, aquellas innovaciones o nuevos diseños que hacen cambios graduales en las características de algunos diseños del sector se pueden considerar como incrementales. Por otro lado, aquellos diseños que generan un nuevo producto que crea nuevas aplicaciones hasta el caso de crear una nueva industria se le denomina innovaciones radicales. Las innovaciones incrementales podrían considerarse innovaciones de explotación y las radicales innovaciones de exploración.

La emergencia de diferentes y nuevos nichos de mercado con diferentes niveles de aptitud, no resulta contradictoria con la presencia de diseños dominantes. Un diseño dominante no tiene que abarcar la totalidad de la industria, si no representar niveles de aptitud más altos que el resto y que tengan impacto en el sector tecnológico, como las innovaciones radicales. En realidad, lo que surge es la

1 Un paisaje de aptitud es una representación realizada por Kauffman (1993, 1995 y 2003) que muestra como en un mismo mercado pueden coexistir óptimos globales y óptimos locales, lo que tiene importantes implicaciones en el análisis microeconómico.

coexistencia de innovaciones radicales e incrementales, formando un paisaje de aptitud con óptimos locales y globales.²

Figura 2



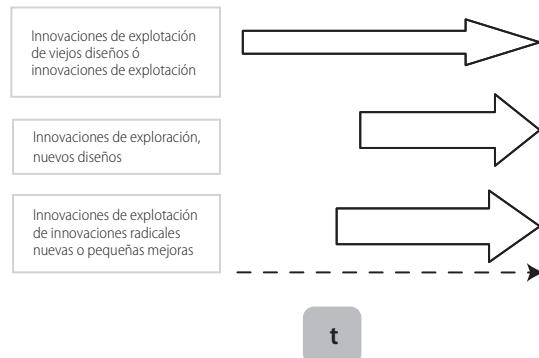
La búsqueda diferenciada (de exploración o explotación de lo adyacente) de nuevos diseños bajo un patrón de competencia trae un paisaje adaptativo, con una combinación de innovaciones radicales e incrementales, lo siguiente que se puede observar es un incremento en diversidad, ¿por qué? El incremento de la diversidad emerge porque una vez que se tiene una innovación radical, esta representa no sólo una sustitución o posible competencia de tecnologías existentes, sino porque es capaz de crear nuevos nichos de mercado. Aunque existe un

nuevo diseño este puede sufrir variaciones por las diferencias en la demanda existente, lo que hace que se incremente la diversidad de diseños debido a mejoras incrementales sobre una nueva tecnología radical.

En este proceso podrían traslaparse varios tipos de innovaciones incrementales de viejas tecnologías, las de radicales, y las de explotación de nuevas tecnologías o que son pequeñas variaciones. En cualquiera de estos casos se da un incremento en la diversidad.

Figura 3

Traslape en el tiempo de diferentes innovaciones en un sector tecnológico



2 Cabe mencionar que el término búsqueda se refiere a un proceso ex ante, donde las empresas buscan nuevos diseños (siendo esta búsqueda de exploración o explotación) que pudieran o no tener éxito en el mercado. Por otro lado, estas innovaciones (diseños) ya sea radicales o incrementales son el resultado de la búsqueda por parte de empresas, la competencia entre ellas y el mercado, siendo las innovaciones un resultado ex-post de la búsqueda. En el Cuadro 2.4, se presenta los tipos de búsqueda de diseños por parte de una empresa, ya sea de forma explorativa o explotativa. Por otro lado, la figura 2.2 representa el impacto de los nuevos diseños (resultado de la búsqueda de las empresas) en el sector tecnológico, siendo innovaciones de exploración o radicales o innovaciones incrementales o de explotación, lo anterior se debe al impacto que tienen en el mercado. El tipo de búsqueda por parte de las empresas y el impacto en el sector son dos cosas distintas, aunque parte del mismo fenómeno, una empresa puede estar haciendo exploración porque los conocimientos tecnológicos no le son adyacentes, sin embargo puede no ser a nivel de mercado algo radical.

Por lo anterior, las estrategias de buscar nuevos diseños como la **explotación de la vecindad (o exploración de lo adyacente posible)** y la **exploración de nuevos diseños**, son los mecanismos por los cuales se puede incrementar la diversidad, lo anterior bajo un ambiente de competencia entre empresas.

Las formas de búsqueda tienden a incrementar la diversidad en la exploración y disminuirla en la explotación, y pudiendo resultar en diseños dominantes (Frenken 2006b; Page, 2011). En la exploración existe alta incertidumbre por la aceptación en el mercado de los nuevos productos, y al interior de la empresa por los nuevos procesos organizativos. Una vez seleccionados procesos, productos y organizaciones (una vez que la competencia también

participa) la incertidumbre disminuye y existe una mayor certeza del funcionamiento en los mercados. Una vez establecidos estos elementos habrá que pasar a aspectos de cómo se pueden determinar el sector tecnológico de baterías.

2. Conformación del sector tecnológico de las baterías

Para conceptualizar a la batería³ o cualquier otra tecnología en un diseño, se puede pensar que la tecnología es una combinación de elementos (N) y conexiones (K) (Potts:2001). Las combinaciones de estos elementos son las conexiones, también se puede pensar que las combinaciones son los conocimientos para formar una. Lo anterior puede ser representado como:

$$S = (N, K)$$

Donde

N : es un conjunto de elementos o componentes y

K: son las conexiones.⁴

Considerar los N elementos **a, b y c** y las K conexiones (bidireccionales) posibles son:

ab, ac, bc.

3 La batería es un dispositivo compuesto específicamente de varias celdas, las cuales a su vez pueden estar conectadas en serie o en paralelo para entregar energía eléctrica producida por reacciones químicas. Dichas reacciones químicas son producidas por tres elementos electrodos negativos, positivos y un electrolito. Los electrodos están conformados por materiales activos que serán la guía que servirá para formar diferentes baterías

4 En el modelo NK, N eran los genes aquí elementos o componentes de una tecnología, (que no tiene que ver con el término componente gigante usado en el capítulo anterior)

Cada conexión puede representar una tecnología, dado que contiene elementos y conexiones.

Ejemplificando, “N” se puede tomar como el conjunto de elementos de una batería, a y b pueden ser dos metales que al interactuar crean un diferencial de carga generando una chispa. Dicho diferencial de carga es la base de las baterías/pilas/celdas que generan energía eléctrica. De esta forma, los metales a y b tiene la función de ser electrodos de una batería. Las conexiones existentes entre a y b representan a la batería como una tecnología, como una forma de producir energía.

Las baterías están formadas básicamente de 3 elementos o componentes, ánodo, cátodo y electrolito, (el subconjunto [a,b,c]) los cuales se combinan para producir electricidad de forma química, dichos componentes pueden estar hechos de materiales activos como zinc, carbón, níquel etc. Si cada elemento de “N” tiene el mismo “X” número de materiales activos posibles, existirían X^N posibles diseños o combinaciones de elementos.

X^N : se define como las posibles combinaciones que pueden tomar una tecnología, o los diseños posibles que toma dicha tecnología, denominado como espacio de posibilidades o espacio de diseños posibles.⁵ Dicho espacio de posibilidades puede ser incrementado de dos formas; incremento en los componentes (N) o un incremento en las características (X). Los incrementos en X y N, Page (2011:130) los denominó; crecimiento por dimensionalidad (incremento en N o componentes) o por Cardinalidad (incremento en X o características por componente).

5 El espacio de posibilidades crecería por incrementar X o N, las posibilidades aumentarían en mayor medida si se incrementa los componentes, por ser el exponente.

Cuadro 1

Componente y Propiedades de dos baterías Zn/C

Batería/ Características	Componente			Propiedades		
	Ánodo	Cátodo	Electrolito	Densidad de Energía	Costo \$	Desempeño a Temperatura
Leclanché	Zn	MnO ₂ -C	NH ₄ Cl*	1-2 wh/ pulgada cúbica	Bajo	Malo a bajas temperaturas
Cloruro de Cinc	Zn	MnO ₂ -C	ZnCl ₂	2- 2.5 wh/ pulgada cúbica	Alto	Normal a bajas temperaturas

* Cabe hacer mención que el cloruro de cinc también lleva cloruro de amonio en pequeñas proporciones.

Fuente: elaboración propia en base a datos del Battery Application Manual de Eveready Battery Co. Inc. 2001

http://data.energizer.com/PDFs/carbonzinc_appman.pdf (último ingreso 1/10/2016).

66

Aquí se define a la diversidad como los cambios tanto en los atributos de algunas especies (tipos), como altura, color (variación) como entre tipos. Por ejemplo, en una clasificación tecnológica podría ser exemplificada por la diferencia en dimensiones como peso, forma, energía almacenada de baterías etc.⁶ El incremento de diversidad al que se hace referencia en esta investigación de baterías, puede considerarse de dos tipos: 1) Por variedad, cuando se incrementa "X" o la cardinalidad del sistema, existen más características de cada elemento; por ejemplo una nueva forma de batería aparte de la cilíndrica, cuadrada o de botón, podría existir alguna de otra forma; 2) Por tipo, cuando se añade un nuevo componente/elemento N o la dimensionalidad, podría ser resultado de una nueva aplicación que le permita ingresar a un nuevo nicho, por ejemplo para que algunas baterías no dañen la computadora por sobrecalentamiento suelen tener sensores de temperatura que permitan desactivar la conexión entre batería y procesador; el añadir sensores significa un incremento en N, ya que la batería requiere tener nuevos componentes con lo que accedería a un nuevo nicho.

⁶ Scott Page (2011) señala tres tipos de diversidades, por variación, entre tipos y por diferencia de composición.

Un ejemplo más específico de incremento de diversidad por variación se puede ver en las baterías de cinc, éstas tienen dos presentaciones, la batería de zinc normal o denominada Leclanché y la batería de cloruro de zinc. En el Cuadro 1 se presentan las características básicas de dichas baterías (en cuanto a sus componentes y propiedades). En ambas baterías, los ánodos son de cinc y los cátodos son dióxido de manganeso MnO₂ con carbón negro pulverizado. Mientras que el electrolito puede ser de cloruro de amonio para aplicaciones normales, y de cloruro de cinc para aplicaciones *heavy duty* (de uso pesado).

Lo anterior puede ser representado en términos binarios (Específicamente en con 0 y 1). El ánodo puede ser representado por un 0 ó un 1, cuando el ánodo tiene sólo cinc es presentado por 0, cuando se combina con plomo se representa por un 1. En el cátodo, el dióxido de manganeso se encuentra combinado con acetileno principalmente (en un principio eran de grafito), lo que varía son las proporciones, una batería de cloruro de cinc contiene más carbón que manganeso proporcionalmente,⁷ un cero representa una baja proporción y uno una alta proporción; El último elemento es el electro-

⁷ En la actualidad las baterías Zn/C en general usan acetileno en el cátodo mostrando ser más eficientes por guardar más electrolito

lito, puede presentarse en cloruro de amonio y en cloruro de cinc (0 y 1 respectivamente), esto lo podemos representar en el Cuadro 2. El Cuadro 2 resume del valor que toma cada elemento o componente según su característica. Dadas las características de la batería de zinc-carbon (Zn/C) se pueden tener 8 posibles diferentes baterías (diseños), con dos componentes y 2 características diferentes por componente de la batería (2^3 diferentes baterías).

El Cuadro 3 en su primera columna enumera los diferentes diseños, la segunda, tercera y cuarta señala en términos binarios que característica presenta cada componente. En la quinta columna se da un valor de desempeño a cada batería (que puede representar algún parámetro como densidad de energía), en el que se muestra que la batería de cloruro de cinc ($ZnCl_2$) tiene el más alto desempeño. En la última columna y la última fila se presenta las formas en que se puede incrementar la variedad de estas baterías. La aparición de un nuevo material, incrementa la variedad por cardinalidad. Si se añade un componente como el tipo de separador, que puede ser de goma gélida o de cartón y se escoge entre tener una batería cilíndrica o lisa (cuadrada) sería un incremento en la variedad de baterías en su dimensión.

Cuadro 3
 Variedad de Baterías

Batería/ Componente	Ánodo	Cátodo	Electrolito	Desempeño	Variedad Cardinalidad Incremento de características
1. Leclanché	0	0	0	.8	
2.	0	0	1	<.8	
3.	0	1	1	<.8	
4.	0	1	0	<.8	
5.	1	1	0	<.8	
6.	1	0	0	<.8	
7.	1	0	1	<.8	
8. $ZnCl_2$	1	1	1	1	

Variedad por Dimensionalidad ----→ incremento de componentes

Fuente: elaboración propia

Cuadro 2
 Componentes y sus características en binario

Binario/ Componente	Ánodo	Cátodo	Electrolito
0	Zn	MnO_2 -acetileno - %	NH4Cl
1	Zn-Pb	MnO_2 -acetileno +%	$ZnCl_2$

Fuente: elaboración propia.

Este esquema nos permite comprender las variaciones dentro de un sector tecnológico, además permite ejemplificar el caso de las baterías, sin embargo caben algunas preguntas, en el siguiente apartado se describirá como podemos medir la diversidad en el sector, y cómo ha variado a lo largo del tiempo.

67

3. Indicadores y datos

La diversidad será medida por el indicador de entropía propuesto por Theil (1965), y que a su vez es coincidente con Shanon y Weaver (1949). Este indicador ayudará a describir los cambios de la diversidad dentro del sector de baterías de 1850 al 2015 a nivel mundial con la ayuda de patentes de Estados Unidos. A su vez, ayudará a explicar la existencia de períodos de exploración y explotación de diseños o tipos de baterías. A mayor diversidad en el sec-

tor, surge un proceso de exploración, una caída del indicador implicaría que se dejó de explotar para explotar algunos diseños.

vo, que forman parte de la batería. De la clase 429, se tomaron 24 subclases que aparecen en el Cuadro 4 (de la subclase 218.2 a la 231.95).

Cuadro 4

Subclases tecnológicas consideradas para el estudio

Subclase USPTO	Material activo	Subclase USPTO	Material activo
218.2	Hidrógeno.	230	Amalgamado con mercurio.
219	Plata.	231	Óxido de Zinc.
220	Cobre.	231.1	Calcogenuro de metal de transición.
221	Hierro.	231.2	Carbon, grafito.
222	Cadmio.	231.3	Cobalto alcalido calcogenido.
223	Níquel.	231.4	Carbono y grafito alcalido
224	Manganeso.	231.5	Vanadio, Cromo, Niobio, Molibdeno Titano o Tungsteno.
225	Plomo.	231.6	Metal de tierra o magnesio.
226	Aleación de uno o más metales.	231.7	Carbón y grafito halogenado.
227	Sulfato de metal o carbonato.	231.8	Carbono, grafito.
228	Oxido de plomo.	231.9	Metal alcalido.
229	Zinc.	231.95	Litio.

Los datos que se ocuparon para esta investigación provienen de la base de datos de USPTO, para el periodo 1850 – 2015. Fueron seleccionadas 8 421 patentes que pertenecen a la clase 429 y que se define como: “Aparatos, Procesos y Productos de Producción de Corriente Eléctrica” (USPTO, 2016) Específicamente se seleccionaron 24 subclases (Cuadro 4) de la subclase CCL 218.2 hasta la 231.95), las cuales se definen como el material activo que va dirigida a la estructura de los electrodos de un dispositivo generador de corriente eléctrica.

El material activo en una batería se define, como “el elemento, compuesto químico, o composición los cuales reaccionan químicamente para producir una transferencia de electrones a través de un circuito externo” (USPTO). Dicho material activo, se encuentra en el electrolito y los electrodos positivo y negati-

Por otro lado, a las patentes en USPTO se les asignan una o más subclases tecnológicas debido a las reivindicaciones contenidas en ellas, ya que una invención puede cubrir uno o más campos tecnológicos. Por ejemplo, la patente estadunidense 5620811⁸ es una invención que reivindica una batería recargable con mejoras en los electrodos que son de níquel y manganeso. Los examinadores asignaron a esta patente las subclases 429/212; 429/217; 429/223; 429/224. El trabajo que se presenta relaciona “24” de las subclases de la clase 429, por lo que la patente antes citada tiene 2 subclases de las 24 para materiales activos de electrodos.

⁸ El lector puede ingresar a Google Patents y pegar el número de la patente y podrá ubicar la clasificación en la patente en el rubro CCL.

Cuando se le asigna una subclase para contabilizar el número de patentes en cada subclase, aparecerá en el registro de las patentes de níquel (subclase 429/223) y de manganeso (subclase 429/224). Por lo que aparece contabilizada en dos subclases. Esto podría pensarse como un error, pero no es así, ya que una invención puede estar en una o más subclases tecnológicas. Por otro lado, cuando se patenta en más de una subclase tecnológica de materiales activos para electrodos representa: 1) Que la invención abarca tanto níquel y manganeso porque son complementarios en la invención; 2) Que la invención abarca dichos materiales porque son sustitutos. En cualquiera caso, la tecnología recombinaria dichos materiales activos para formar una invención.

tente 5620811, a dicha relación la denominamos Combinación entre subclases. La intersección de A con B puede ser expresada como la intersección de conjuntos ($A \cap B$), e indica las patentes que tienen ambas subclases y se puede decir que cada combinación de cualquier conjunto de materiales activos representa un tipo de batería distinto.

El siguiente apartado de indicador se basa en los trabajos de Theil (1965), Jenner (1966) Koen Frenken (2001), que miden la diversidad en la economía, con ayuda de la teoría de la información (entropía e información mutua) y que permite medir la diversidad y especialización en un sector tecnológico como el de las diferentes baterías.

69

Subclases	218.2	219	220	221	222	223	224	231.95
218.2	0									
219		0								
220			0							
221				0						
222					0					
223						0				
224							1	0		
....								0		
....									0	
231.95										0

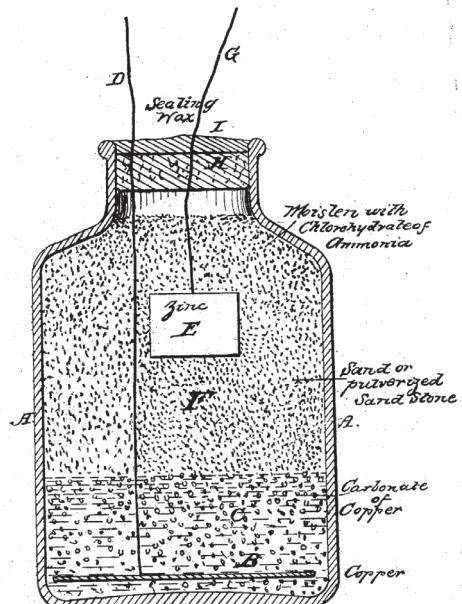
Para esclarecer más a detalle lo anterior, se puede tomar como ejemplo de nuevo la patente 5620811, y trasladándola en una matriz de 24 x 24 (Matriz 1), en la que en los dos ejes se ubican las subclases que estamos analizando. La matriz señala las interdependencias tecnológicas que existen en las patentes, por ejemplo nuestra patente 5620811, estaría ubicada en la columna 223 y fila 224 (también podría estar en la columna 224 y en la fila 223, pero es suficiente con la parte superior de la matriz). En este caso se puede decir que la subclase 223 está relacionada con 224 por medio de la pa-

Para calcular nuestro indicador de diversidad se parte del concepto de entropía, y se parte que entropía y diversidad son conceptos sinónimos. Al respecto, Phillip Ball (2004) argumenta que la entropía es la medida de las distribuciones menos probables a las más probables. Ball toma como ejemplo un globo inflado con gas. El gas está compuesto por millones de partículas y la velocidad de dichas partículas se encuentra determinada aleatoriamente. Menciona que si se tomara una fotografía de las partículas, ninguna fotografía tomada cada segundo sería una fotografía igual,

No. 55,441.

G. L. LECLANCHE.
Electric Battery.

Patented June 5, 1866.



Witnesses
J. H. Kidder
W. W. Frothingham

Inventor,
George Leopold Leclanche
By his Atty
W. B. Crosby

debido al movimiento de las partículas. Sin embargo, la distribución espacial dentro del globo sería muy parecida en cada fotografía, dado la velocidad aleatoria de cada una. Por lo que existirían miles de distribuciones espaciales (casi infinitas) muy parecidas. En realidad, la aleatoriedad de la velocidad de dichas partículas es lo que mantiene inflado al globo. Por otro lado, si todas las partículas se colocaran en la mitad de globo, la mitad del mismo permanecería desinflado. Pero las probabilidades de que las partículas tomen una misma dirección son muy bajas o nulas. Los estados muy

parecidos a una distribución aleatoria de las partículas son mucho más probables a el que las partículas tomen una sola dirección por si solas.⁹

Una distribución aleatoria representa una entropía alta, por el contrario una distribución sesgada presenta una entropía baja. Bajo este esquema se puede ver que cuando un sólo estado es posible (todas las partículas toman una dirección) la diversidad de diseños es mínima, cuando la distribución es aleatoria, muchos estados son posibles y la diversidad se incrementa. Al respecto Frenken (2000) introduce el concepto de diseño dominante y arquitectura tecnológica de Henderson y Clark (1986). En específico Frenken calcula un indicador de entropía para determinar si existe un Diseño Dominante en alguna industria, dicho indicador es un indicador también de Diversidad Tecnológica. La base de este indicador es el nivel de entropía y el espacio de posibilidades.

La entropía mide el nivel de orden-desorden de un sistema a mayor entropía en el sistema aparece el orden, eso sería igual a que todos los diseño posibles (X^N) tendrían la misma probabilidad de aparecer. Un nivel de entropía cero, indicaría que sólo un estado es posible y en sentido tecnológico hablaría de la existencia de un diseño dominante. Un indicador complementario que retoma Frenken es el de información mutua, un nivel alto de información mutua muestra que

⁹ En realidad el primer ejemplo de entropía fue propuesto por Maxwell. Maxwell quien mencionaba que el movimiento de las partículas de gas en una caja son movidas de un lado a otro por un demonio, ahora denominado demonio de Maxwell.

algunas características de los componentes están coocurriendo (recordemos que alelos son los ceros y unos de los componentes), y un nivel de información mutua de cero diría que no existe coocurrencia, la coocurrencia significa de dos diseños tecnológicos podrían estar dándose en paralelo, Frenken denominó este fenómeno como especialización, debido a que dos fenómenos en paralelo o algunos de ellos, en el caso de las baterías el crecimiento de electrodos.

Frenken (2006), se basó en el planteamiento de Theil y la teoría de la información para medir la entropía en productos. Consideró que la información está medida por la probabilidad de los eventos posibles.

$$h(pi) = \log 2 \left[\frac{1}{pi} \right]$$

donde

h: es la cantidad de información proporcionada por la ocurrencia de un evento. Y está en función de la probabilidad de ocurrencia de un evento y es expresada en bits (logaritmo de base 2). **pi** es la probabilidad de que un evento ocurra.

Si un evento i con una baja probabilidad de ocurrencia sucede la información aumenta, por lo que la cantidad de información es una función inversa de la probabilidad de ocurrencia de un evento.

Entre menos probable sea el evento mayor información es proporcionada (Ver Gráfica 1). Por lo anterior la entropía podría ser considerada como la suma de los valores de información $h(pi)$ de cada eventos multiplicada por sus respectivas probabilidades:

$$1) H = \sum_{i=1}^n p_i \log 2 \left[\frac{1}{pi} \right]$$

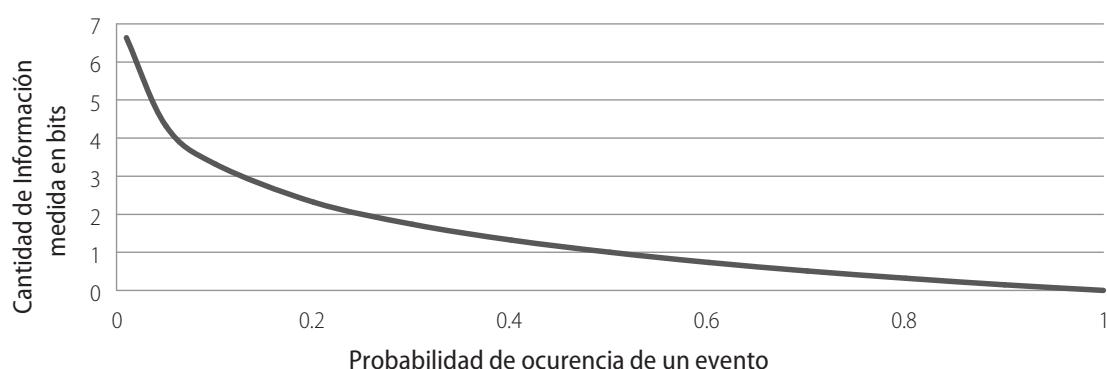
Como se puede observar cuando $pi = 1$, la entropía es mínima o igual cero. Cuando todos los eventos son igual de probables la entropía es máxima. En la misma lógica y como lo que se tomará en consideración son la combinación de diferentes clases tecnológicas, la entropía en un espacio de dos dimensiones puede ser considerada como:

$$2) H(X, Y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} \log 2 \left[\frac{1}{p_{ij}} \right]$$

Información Mutua

La Información Mutual es una medida de dependencia entre dos dimensiones, por ejemplo mide si dos eventos tienden a co-ocurrir en particulares combinaciones. Por ejemplo, un

Gráfica 1 Información y Probabilidad de evento



diseño en específico (una combinación en especial) esté siendo representativo. La información mutua es determinada por:

$$3) \quad T(X,Y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} \log_2 \left[\frac{p_{ij}}{p_i p_j} \right]$$

También puede ser determinado por

$$4) \quad T(X,Y) = H(X) + H(Y) - H(X,Y)$$

72

La información mutua mide la dependencia entre dos (o más variables o dimensiones) según su nivel de entropía. También es un indicador de especialización, la ausencia de especialización implicaría que p_{ij} es igual a p_{ij} para todo p_{ij} , lo cual resulta en $T(X,Y)=0$.

Ejemplos de cálculo de entropía e información mutua.

Considerar 2 componentes por ejemplo electrodos (X y Y), ambos con dos posibles variaciones, o dos características (0,1). Las posibles combinaciones serían 4 (Cuadro 5), en este caso cada combinación sería un diseño diferente.

Cuadro 5
Componente y diseño

Número	Diseño	Componentes		Cantidad	Probabilidad
		X	Y		
1	00	0	0	5.0	0.5
2	01	0	1	0.0	0.0
3	10	1	0	0.0	0.0
4	11	1	1	5.0	0.5
Total				10.0	1.0

Para calcular la entropía bidimensional y la información mutua se necesita primero calcular las frecuencias unidimensionales (p_i y p_j), las cuales son las sumas de las frecuencias bidimensionales sobre una dimensión y se obtiene:

$$P0.=P00+P01 = .5 + .0 = .5$$

$$P1.=P10+P11 = .0 + .5 = .5$$

$$P.0=P00+P10 = .5 + .0 = .5$$

$$P.1=P01+P11 = .0 + .5 = .5$$

donde

$P0$ es la frecuencia unidimensional o frecuencia de la característica “0” del componente X y

$P00$ representa la probabilidad de que el diseño 00 ocurra y así sucesivamente.

Cuadro 6

Cuadro de referencia frecuencias unidimensionales

pi, pj	Elementos	Probabilidad	
P0.	P00	P01	0.5
P1.	P10	P11	0.5
P.0	P00	P10	0.5
P.1	P01	P11	0.5

Aplicando 2 y 3

$$H(X,Y) = P00 \log_2 (1/P00) + P01 \log_2 (1/P01) + P10 \log_2 (1/P10) + P11 \log_2 (1/P11)$$

$$H(X,Y) = 0.5 \log_2 (1/0.5) + 0.0 \log_2 (1/0.0) + 0.0 \log_2 (1/0.0) + 0.5 \log_2 (1/0.5)$$

$$\mathbf{H(X,Y)= 1}$$

$$T(X,Y) = P00 \log_2 (P00/P0.P.0) + P01 \log_2 (P01/P0.P.1) + P10 \log_2 (P10/P1.P.0) + P11 \log_2 (P11/P1.P.1)$$

Sustituyendo los valores de las Cuadros

$$T(X,Y) = .5 \log_2 (.5 / .5 * .5) + 0 \log_2 (0 / .5 * .5) + 0 \log_2 (0 / .5 * .5) + .5 \log_2 (.5 / .5 * .5)$$

$$\mathbf{T(X,Y) = .5 \log_2(2) + 0 + 0 + .5 \log_2(2) = 1}$$

Para poder valorar con más detalle los indicadores en el Cuadro 7 se describen los indicadores para varias distribuciones.

Cuadro 7

Resultados de varias distribuciones, con 4 diseño posibles.

Distribución	Diseño				Probabilidades Unidimensionales				H(X,Y)	T(X,Y)
	0.0.	0.1.	1.0.	1.1.	0.	1.	.0	.1		
A	.25	.25	.25	.25	.5	.5	.5	.5	2	0
B	.33	.33	0.0	.33	.66	.33	.33	.66	1.82	.2634
C	.7	.1	.1	.1	.8	.2	.8	.1	1.44	.1548
D	.5	.0	.0	.5	.5	.5	.5	.5	1	1
E	.9	0.0	0.0	.1	.9	.1	.9	.1	.9379	.4690
F	0.0	1	0.0	0.0	1	0	1	0	0	0

Como se puede observar el incremento en la diversidad tecnológica representado por una distribución más homogénea en los diseños lleva al incremento en el indicador de entropía. La distribución F con “0” en entropía tiene un diseño dominante (el diseño (0.1.)), dicho indicador llega hasta a 2 con el diseño con una distribución (distribución A) más homogénea.

En el caso de la información mutua muestra qué tanto se sabe de un diseño teniendo información de otro. Si se considera el valor de la información mutua de la distribución D significaría que el conocimiento de un alelo [0 o 1], a lo largo de una variable o dimensión [X o Y] de un diseño permitiría perfectamente predecir los alelos a lo largo de la otra variable o dimensión. Lo que indicaría también un nivel de especialización o de **co-ocurrencia entre alelos**.

Cálculo con Patentes

Dado que se construyó para esta investigación una base de 8,421 patentes, y que se necesita calcular los indicadores anteriores, se consideró que las patentes de materiales activos para baterías podrían encerrar dos funciones: la de

complementariedad o sustitución de los materiales activos. Por lo anterior se tuvo que acoplar el cálculo a la naturaleza de las patentes y la factibilidad de no revisar patente por patente.

Si se tiene 24 subclases tecnológicas designadas a invenciones de baterías tomando en cuenta el material activo de los electrodos, entonces una patente podría estar en al menos una subclase o máximo en todas.

El Cuadro 8 representa dos patentes, en el caso de que se encuentre una patente en una subclase y en todas (de forma hipotética). Las letras en mayúscula representan las subclases a estudiar, y ya mencionadas en apartados anteriores. Los ceros representan cuando la patente no se encuentra en una subclase y los unos cuando se encuentra en alguna. Por ejemplo, la patente que pertenece a una sola subclase, está asignada a la subclase A y se le asigna un 1 en esa subclase. Por el contrario, la patente que pertenece a todas se les asigna un 1 en cada subclase.

Considerando lo anterior se podría tener 2^{24} posibles combinaciones de subclases para las patentes. Pero como se verá en el siguiente apartado, el número de combinaciones se re-

Cuadro 8

El caso en que una patente está en una subclase o se encuentra en todas.

Sub-clase	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Una	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Todas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

duce a unos cientos (alrededor de 800). Cada una de estas combinaciones representa un diseño de batería, muestra de ello es el Cuadro 9. El objetivo del cálculo de este indicador en el caso de las patentes es observar qué tan diversas son las baterías (dados los materiales activos) y qué diseños o combinaciones de materiales activos están más emparentados.

Cuadro 9

Número de posibles combinaciones de materiales activos en una batería.

Cada diseño representaría una combinación de materiales activos o un tipo de batería, bajo las características de complementariedad y sustitución de materiales activos. Independientemente de dichas características, los indicadores de entropía e información mutua indicarían un proxy del nivel de diversidad o especialización de las baterías.

Uso de las patentes como indicadores de actividad inventiva y tecnología

Los estudios de patentes son de larga data desde los artículos seminales de Schmookler (1951, 1954) donde se asumía a las patentes como un proxy del cambio tecnológico y su uso se daba relacionado con la demanda de productos. Los estudios que siguieron esos trabajos seminales continuaron tomando a las patentes como una medida del cambio tecnológico y de la actividad inventiva a nivel de sector como Comanor y Sherer, (1969). Algunos otros estudios se realizaron a nivel de

firma (Sherer, 1965), u otros al relacionar el gasto en I+D y las patentes como Haussman, Hall y Griliches (1986) y Pakes (1985).

Pero en pocos avances usando a las patentes como indicadores tecnológicos se dieron hasta inicios de los años ochenta, por ejemplo Pavitt (1984) desarrolló una taxonomía de tipos de empresa, basándose en alrededor dos mil innovaciones (patentes de Inglaterra). Pavitt clasificó a los sectores industriales en base a las invenciones tecnológicas. La aportación Dicha taxonomía repercutió en los estudios sectoriales y de innovación, principalmente en los análisis desarrollados por la escuela de Sussex que tuvo gran impacto en la teoría de la economía de la innovación. Hasta entonces, el uso de las patentes como un indicador tecnológico o que representa actividad inventiva se basó en conteos estadísticos o correlaciones con otras variables. Con el avance computacional y en la organización de los datos insertos en las patentes, los datos contenidos en las patentes se podían tomar con mayor facilidad, dejando a un lado el esfuerzo de reunir los datos revisando patente por patente (principalmente en bases de datos de Estados Unidos y Europa).

Un salto cuantitativo y cualitativo para el uso de las patentes como indicadores de la actividad inventiva fue el propuesto por el grupo del Buró Nacional de Investigación Económica de los Estados Unidos (NBER por sus siglas en inglés). Las principales aportaciones consisten en tomar a las patentes como una representación de los flujos (*spillovers*) de conocimiento entre regiones, empresas, inventores. Es decir, medir los flujos de conocimiento o información tecnológica con las citas de patentes (Jaffe, 1986; Jaffe, 1992; Trajtenberg, 1990; Jaffe y Trajtenberg, 1998; Jaffe y Hu, 2001). En ese tenor un uso de las patentes y sus citas fue el de detección de redes entre empresas (Verspagen, 2000).



Sin lugar a dudas un avance importante es la comprobación de algunas hipótesis de los sistemas complejos mediante el uso de las patentes. Sorenson, Fleming y Rivkin (2002), probaron algunas hipótesis de Stuart Kauffman. Por ejemplo, que el conocimiento complejo (conocimiento con un número medio de conexiones) era el que tenía un nivel de aptitud más alto.

Por último, relacionado al tema de diversidad calculada con entropía con base al uso de patentes, Susuki y Fodama (2004) plantearon analizar la diversidad tecnológica con patentes usando el indicador de entropía, sin embargo, existen diferencias sustanciales a la propuesta de éste trabajo, en principio porque Susuki y Fodama plantean que las clases tecnológicas en las patentes son productos distintos pero que no se combinan con otros. En cambio, la propuesta que se plantea aquí es la de la explosión combinatorial: La simplicidad puede tener algunas formas unificadas, pero la complejidad suele tener variaciones (Auyang, 1998:9).

Un sistema complejo, produce variaciones de sí mismo, y esto se debe a que un sistema está compuesto por componentes o elementos que al ser combinados produce variaciones que cumplen la misma función. Tal es el caso de las baterías, que al tener diferentes combinaciones ya sea tomando en cuenta su cardinalidad o dimensionalidad provoca variaciones (que pueden, o no resultar funcionales o útiles). Por lo que aquí se abona en la articulación de explosión combinatorial con la entropía.

Resultados y breve historia de las baterías

El proceso de desarrollo tecnológico de las baterías ha tenido al menos momentos importantes a lo largo de su historia, y partir de ellos desarrollos posteriores se llevaron a cabo. Estos momentos están relacionados con el tipo de materiales activo de que se han compuesto (Aquí se subrayan los eventos más importantes de cada tipo de baterías) las baterías: Cinc, Plomo, Niquel y Litio.

1. Baterías de Cinc. Los primeros estudios sobre baterías fueron realizados por el físico italiano Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta, al replantear la investigación realizada por Galvanni en 1780. La relevancia de estos estudios se plasmaron en las presentaciones que tuvo Volta en la *Royal Society* de Londres y ante Napoleón y su corte en 1801 (Fara. 2009)). Esto dio pie a una serie de invenciones y mejoras con materiales como cinc, cobre (Frederic Daniell en 1836), platino (William Robert Grove en 1844), y mejoras para evitar la porosidad de la batería (Jean Armand Callaud en 1858). Otro desarrollo fue el de la batería de Lionel Leclanché en 1866 (patentes 55441 y 64113), con materiales como cinc y manganeso fue el sustento de lo que se denominó pila seca, que desarrolló Carl Gassner Jr en 1887 (patente 373,064) teniendo mejoras por M. Jewett de la National Carbon Company que se convertiría en Eveready Co. y que comercializaría en 1896.

2. Baterías de Ácido-Plomo. La batería ácido-plomo fue inventada por Gaston Planté en 1859, mediante dos tiras de plomo y sumergidas en ácido sulfúrico.¹⁰ Las mejoras de mayor importancia fueron realizadas por uno de sus alumnos, Faure (patente 309,838) -quien usó hojas de plomo para el ánodo, y para el cátodo una placa de ácido de óxido sulfúrico (Huggins, 2010)- y la realizada por Sellon (patente 321,759) en 1885.¹¹

10 Dicha batería tuvo varias aplicaciones, entre ellas cuchillas para dentistas y cirujanos, lámparas para mineros, timbres eléctricos, señales luminosas en barcos, frenos eléctricos de trenes de vapor y luces de vagones de trenes (Kurzweil, 2010).

11 Las baterías lead-acid son muchas encasilladas en su formato de SLI (por sus siglas en inglés starting, lighting and ignition). Su bajo costo comparado con otro sistema de baterías ha llevado a acaparar este nicho de mercado. Sin embargo, China, como mayor productor de plomo en el mundo, ha ocupado las baterías de plomo como sistema de energía de bici-

3. Baterías de Níquel. La batería de níquel-cadmio (Ni-Cd) como hoy se conoce está basada en 3 desarrollos; batería Ni-Cd de Jungner en 1889 (patente 731,309), la de Edison y de Shlecht-Ackermann (desarrollada para aviones pero demasiada tóxica por lo que se prohibió). Ernest Waldemar Jungner inventó la batería de Níquel-Cadmio en 1899 patentada en Suecia y Alemania, la cual fue exitosamente comercializada años después.¹² La batería que desplazó a las Ni-Cd son las de níquel e hidruro metálico (Ni-HM). El desarrollo de ésta batería se basó en las baterías de hidrógeno de mediados de los setenta del siglo pasado y empezó a ser comercializada en 1989, su inventor fue Masahiko Oshitani.¹³

4. Baterías de Litio. La historia de las baterías de litio empieza alrededor de 1958 con la invención de una batería **primaria de litio** inventada por W.S. Harris. El litio era el ánodo mientras el cátodo podría ser de cloruro de

cletas eléctricas, mejor conocidas como e-bikes, no solamente siendo aplicada por la función de SLI. En 2007 había 44.3 millones de e bikes en uso (Chen y Li, (2009).

12 Algunas de las aplicaciones de la batería de Ni-Cd antes de la llegada de las baterías de litio eran: herramientas eléctricas, telefonía celular, baterías de laptop, aviones jet, calculadoras, máquinas de dictado, reproductores de cassette, grabadoras de audio, cámaras digitales, beepers, cepillos de dientes, control remoto, rasuradores, radios etc (Aifantis, Hackney y Kumar (2010) y Technology and Applied R&D Need for Electrical Energy Storage. Resource Document for the Workshop on Basic Research Needs for Electrical Energy Storage (2007).

13 Algunas de las aplicaciones importantes que hasta inicios de la década pasada se realizaron en teléfonos celulares, laptops, video cámaras, reproductores portátiles de audio, instrumentos de medición, equipo médico y aplicaciones satelitales. hasta 2010 los autos híbridos ocupaban el 53 por ciento del valor del mercado, seguido de herramientas eléctricas. Las dos empresas que más vendían baterías Ni-MH eran Panasonic EV y Sanyo, empresas japonesas que igual que en el caso de las baterías Ni-Cd lideraban el mercado de las Ni-MH.

tionil o dióxido de manganeso. Sin embargo, esta batería era reactiva a electrolitos acuosos, lo que implicaba invertir en seguridad, ergo, sus costes eran elevados (Aifantis, Hackney y Kumar: 2010). El salto de la actividad inventiva de los últimos años se dio con la aparición de baterías de ion-litio, plasmada en una de las patentes más importantes en la historia de las baterías (patente número 5,053,297, inventada por Takayuki Yamahira, Hisayuki Kato y Masanori Anzai de Sony (Aifantis, Hackney y Kumar (2010) y Technology and Applied R&D Need for Electrical Energy Storage. Resource Document for the Workshop on Basic Research Needs for Electrical Energy Storage (2007)). Dicha invención dio pie a una mayor estabilización del litio con el carbón. Una de las particularidades del litio es que permite su combinación con varios tipos de electrodos. Algunas otras baterías de litio son las de litio-polímero y de litio-sodio.¹⁴

¿Cómo se puede representar esta breve historia con indicadores?

En principio se puede partir de la actividad inventiva, como se aprecia en la Gráfica 2, en ella se observan el número de patentes registradas en Estados Unidos relacionadas a materiales activos en baterías de 1847 a 2015, 168 años. En ella se aprecia al menos tres períodos determinados por la tasa de crecimiento promedio anual (tcpa) de patentamiento (Ver Cuadro 10): 1) **1847-1947** con una tcpa de 1.38%, y dos etapas una en la que empieza a amecer el sector y otra donde se vive el periodo entre-guerras, este periodo aunque demasiado largo describe la aparición de las invenciones de ba-

14 En cuanto a aplicaciones las baterías de litio han desplazado a las baterías de Ni-Cd, Zn-C, ZnCl₂, Ni-MH en dispositivos portátiles; teléfonos celulares, cámaras digitales, GPS, mp3 players. Asimismo se pueden encontrar baterías de litio en autos híbridos y eléctricos como el Prius y Tesla.

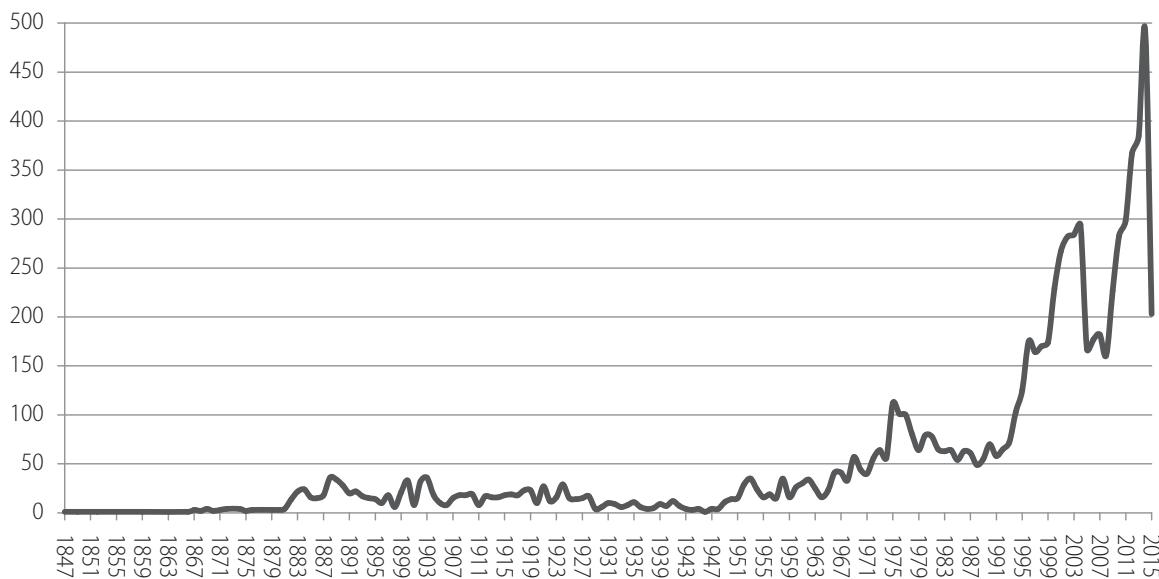


terías y un periodo con muy pocos cambios en dicha época (baterías de cinc, ácido-plomo y de níquel); 2) **1947-1988** con una tcpa de 6.38%, y dos etapas una de auge de posguerra y otra de declive que se corresponde con el periodo de crisis de inicios de los ochenta, dicho periodo se marca por el predominio de las baterías de plomo y níquel; 3) **1989-2014** (2015) con una tcpa de 9.16% es el periodo de mayor auge de patentamiento, influenciado por el auge y consolidación de las tecnologías de la información, teniendo un amplio espectro de aplicaciones: telefonía celular, computadoras, tabletas, reproductores de audio hasta autos, la individualización y la portabilidad necesita de fuente de energía. En ese sentido el último periodo expresado en un número de más de 5,000 patentes en USPTO.

Esta periodización le hace correspondencia también el patentamiento por material activo (Gráfica 3 y Cuadro 11), esto corresponde con la breve historia que se enunció al inicio de este apartado: 1) **1847-1947**, los baterías de materiales activos que más se patentan son de cobre (14.87%), plomo y óxido de plomo y sobre todo de cinc (20.60%); 2) **1948-1988**, los esfuerzos inventivos del periodo quedaron sustentados en baterías de plata (10.90%), níquel (11.12%) y cinc (13.16%); 3) **1989-2014**, en este periodo las baterías de manganeso (10.40%), níquel (11.67%) y del litio (14.98%), en resumen este periodo es el del litio.

Gráfica 2

Acumulación Tecológica en el sector de baterías
Patentes en invenciones sobre materiales activos 1847-2015



78

Cuadro 10

Periodización de la actividad inventiva de baterías en USPTO
1847-2015

Etapas y Periodo	Años	TCPA	Patentes del periodo
Etapa 1	1847-1880	3.38	38
Etapa 2	1881-1947	0	1002
Periodo 1	1847-1947	1.39	1040
Etapa 1	1948-1977	10.94	1132
Etapa 2	1978-1988	-4,358	720
Periodo 2	1948-1988	6.32	1852
Etapa 1	1989-2004	6.93	2587
Etapa 2	2005-2010	11.41	1192
Periodo 3	1989-2014*	9.16	5329
Total periodos	1847-2014*	3.78	8218
	1847-2015	3.21	8421

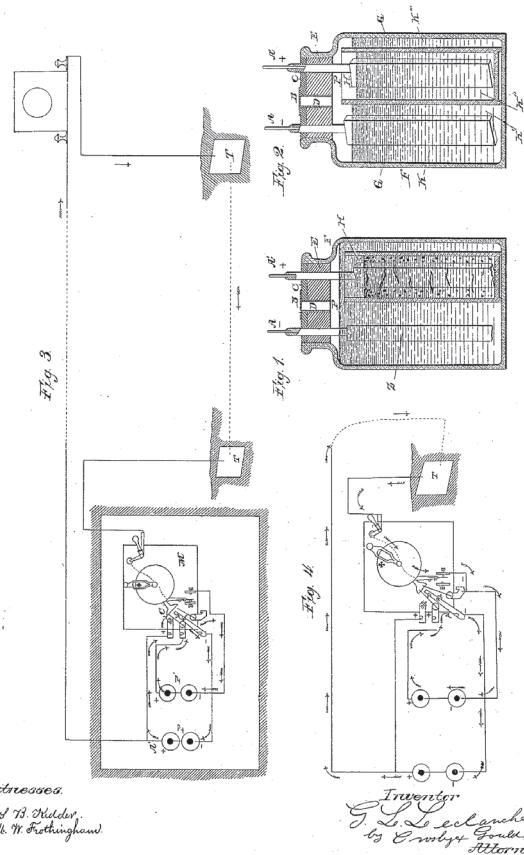
Fuente. Elaboración propia con datos de USPTO.

* En 2015, parece que existió una reducción en el otorgamiento de las patentes en USPTO, lo mismo para las subclases citadas por lo que se omite dicho año.

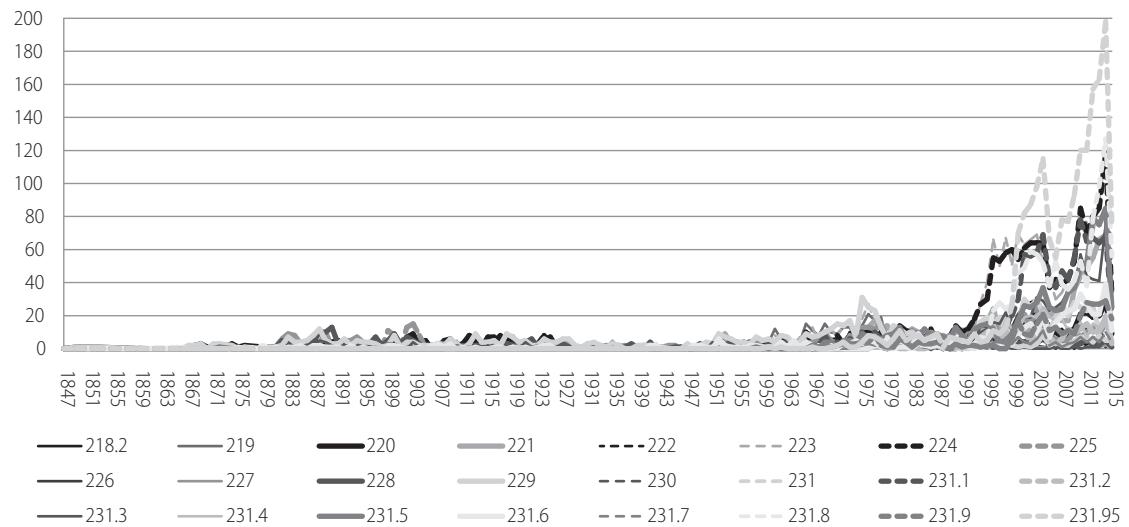
G. L. LECLANCHÉ.
ELECTRICAL BATTERY WITH PRIMARY AND SECONDARY PILES COMBINED.

No. 64,113.

Patented Apr. 23, 1867.



Gráfica 3 Patentes por subclase de material activo 1847-2015



Cuadro 11

Porcentaje de patentes por material activo (periodo suma 100%)

Material	Clase	1847-1947	1948-1988	1989-2015	Material	Clase	1847-1947	1948-1988	1989-2015
Hidrógeno	218.2	0.33	0.44	2.61	Mercurio	230	4.49	2.15	0.19
Plata	219	1.25	10.90	1.96	Óxido de Cinc	231	0.50	1.52	0.70
Cobre	220	14.87	5.12	2.80	Calcogenuro	231.1	0.00	0.85	8.02
Hierro	221	3.57	6.82	5.31	Carbón	231.2	0.00	0.56	1.88
Cadmio	222	1.41	6.34	0.79	Cobalto	231.3	0.00	0.67	5.53
Níquel	223	4.82	11.12	11.67	Carbón Alcalido	231.4	0.00	0.22	2.61
Manganeso	224	6.89	7.71	11.40	Vanadio otros.	231.5	0.42	5.19	6.36
Plomo	225	16.69	7.56	2.33	Metales de tierra	231.6	0.33	3.00	2.85
Aleaciones	226	2.16	1.04	0.61	Carbón halogenado	231.7	0.00	1.08	0.89
Sulfato	227	3.41	0.63	0.29	Otros carbonos	231.8	3.74	2.30	9.01
Oxido de plomo	228	14.53	5.56	0.90	Metales alcalidos	231.9	0.00	2.45	2.48
Cinc	229	20.60	13.16	3.84	Litio	231.95	0.00	3.60	14.98

Fuente: elaboración propia con datos de USPTO.

¿Todo esto cómo se expresa en la diversidad de baterías?

En la gráfica 4 se expresa con indicadores la diversidad de baterías medida con patentes. En el caso de diversidad se mide con el indicador de entropía explicado líneas arriba, y el caso de especialización se calculó con el de información mutua (Cuadro 12).

El periodo de 1847-1947, estuvo dominado por invenciones en baterías de cinc y de ácido-plomo, lo que sirve como referente para observar la tendencia de diversidad e información mutua. En la gráfica 5.1 se muestra el número de los diferentes tipos de baterías en cada año en dicho periodo, donde se observa un nulo crecimiento en la primera etapa (1847-1880). Sin embargo, existe un crecimiento en los tipos de baterías en la segunda etapa. En la

etapa 1 (1847-1881) existe un promedio de .9 diferentes tipos de baterías¹⁵ por año (ver tabla 5.1), y en la etapa 2 existe un promedio de 7.58. Lo anterior se traduce en un nivel promedio de diversidad de 0.356 y de información mutua de 0.249, en la etapa 1, y en un incremento en la etapa 2 de 2.5 y 1.4 respectivamente. ¿Qué produjo este cambio de diversidad y especialización?

En 1867, cuando se produjo el primer incremento de diversidad e información mutua, Leclanché patentó la primera batería de zinc-carbón que se usa hasta hoy en día. En 1881, cuando inicia el segundo incremento de diversidad Sellon patentó el primer acumulador o batería Pb con electrodo de rejilla. Estas invenciones parecen ser parte fundamental del incremento de diversidad que se dio después de los años en que se dieron dichas invenciones, y como se sabe una prueba de la importancia de dichas baterías es su uso hasta nuestros días. Lo importante de esta transición de un sector tecnológico poco diversificado a uno diversificado es que esto ocurre en un lapso de 4 años (entre 1881-1884) pasando de un índice de diversidad de 1 a 3.29. Después de 1881 el índice crece poco, (respecto a 3.29) siendo el promedio de 2.55. Por otro lado, la información mutua crece también en 1881 y luego se mantiene en promedio en 1.4 en la etapa 2, al menos hasta el final del periodo donde la información mutua alcanza a la diversidad, con lo que se puede decir que las baterías de cinc y plomo han crecido en paralelo. Un proceso de exploración y explotación emerge, cuando las dos innovaciones de exploración o radicales (baterías de cinc y plomo) aparecen, después se buscan mejoras incrementales (de explotación o de exploración de lo adyacente posible) per-

mitiendo que se incrementa la diversidad en un lapso muy pequeño de tiempo (4 años de 100) respecto a todo el periodo.

Desafortunadamente una profunda investigación de todas las innovaciones trascendentales en el sector de baterías es complicada dada toda la literatura. Sin embargo, el ejemplo del periodo anterior, puede dar referentes a la forma de que un sector tecnológico se comporta. Una innovación radical o de exploración se presenta y después de ella le siguen innovaciones incrementales, este proceso impacta en un incremento en la diversidad y después se mantiene o se va reduciendo en un periodo más largo.

Periodo 1948 – 1988. Lo descrito arriba puede estar ocurriendo también en el segundo periodo de estudio. No se cuenta con toda la información acerca de las invenciones trascendentales, pero a principios del periodo existe un incremento en los diferentes tipos de baterías llegando a 20 en 1953. Dicho incremento ocurre en un par de años (1951-1953),¹⁶ para mantenerse casi constante después de 1953. En la primer etapa (1948-1977) del periodo, el número promedio es de 19,33 diferentes baterías por año. Este incremento de diferentes tipos de baterías impacta en la diversidad que crece en esos dos años (1951-1953) y luego se mantiene alrededor de ese número hasta el fin de mencionada etapa (1975). La información mutua crece pero no tanto como la diversidad.

En la segunda etapa del periodo (1978-1988), se da otro incremento en el número de diferentes baterías llegando a 50 (en dos años y luego se reduce en toda la segunda etapa).

15 Esto es así porque no hubo invenciones en algunos años del periodo, por otro lado esto no afecta el cálculo de diversidad ya que el cálculo es anual.

16 Aunque como se mencionó no se tiene información del porqué de estos incrementos de diversidad, se puede tener como referente que en 1946, Union Carbide lanzó a la comercialización la batería alcalina recargable de manganeso. Aunque el número de invenciones sobre electrodos de manganeso crece hasta 1989 casi en paralelo con las invenciones en níquel.

Lo mismo pasa con la diversidad, se incrementa en 1976 más que en la etapa anterior y luego durante toda la siguiente se ve reducida después de ese incremento. El promedio de diferentes tipos de baterías por año es de 31, mucho mayor que el de la etapa anterior. La diversidad sigue la misma tendencia, crece antes de iniciar la segunda etapa (1976) y luego durante los diez años siguientes se reduce, mientras que la información mutua crece pero no tanto como la diversidad. En este periodo se puede ver dos incrementos de diversidad en un tiempo reducido y después una constante en ella o su reducción. Surge un proceso de exploración con innovaciones radicales y luego incrementales o de explotación, aunque hace falta evidencia histórica para poder describir dicho proceso.

Periodo 1988-2010. Este periodo es el más dinámico en términos de patentamiento, con las tasas más altas de crecimiento de los años que conforman el análisis. El crecimiento de diferentes tipos de baterías crece constantemente, con un promedio de 65,87 baterías diferentes al año entre 1989-2004 y de 121,00 entre 2005 y 2014. Esto resulta relevante cuando en el periodo anterior el promedio fue de 23 baterías diferentes al año.

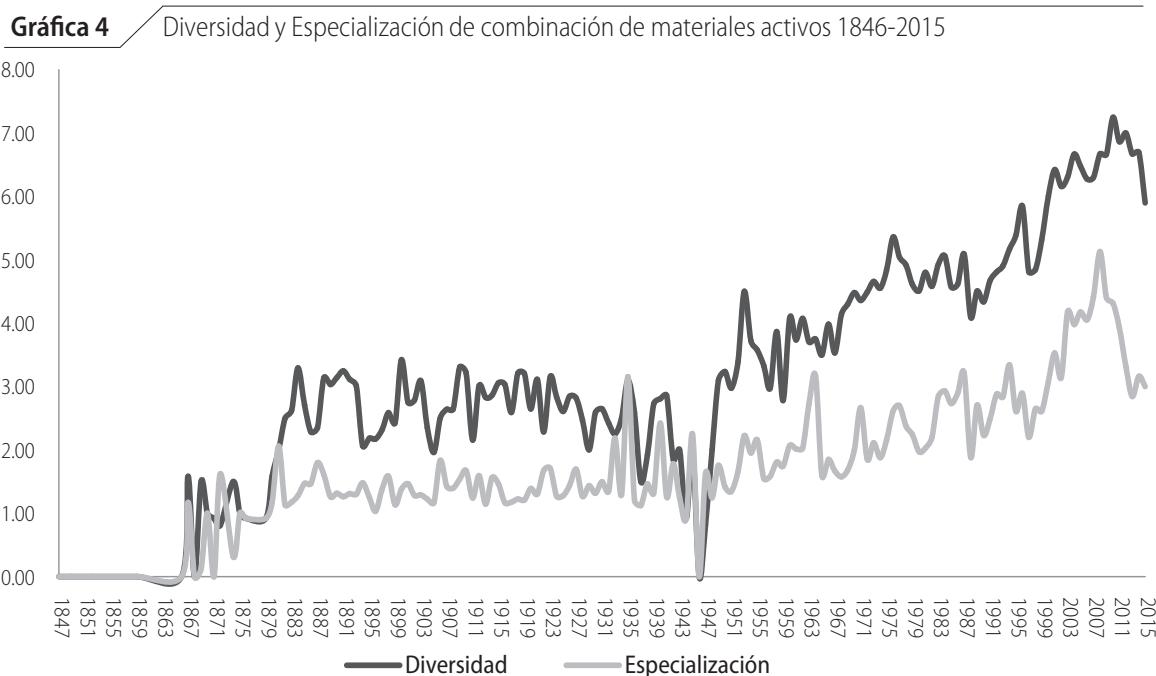
Este crecimiento impacta en la diversidad que pasa a un promedio de 5,88 bits de información en el tercer periodo, llegando a estar 6,26 en el año 2010, como nunca antes había llegado el nivel de diversidad en toda la historia de este sector tecnológico. Por otro lado, el crecimiento de la especialización no parece tener disruptión hasta 2003 donde empieza a crecer, tal vez porque algunos tipos de baterías se empiezan a consolidar y combinar algunos materiales. Una característica principal de este periodo es que se incrementa la diversidad y pareciera no detenerse, como un proceso in-

terminable de exploración, hasta 2010 que empieza a decaer ¿qué ha provocado este incremento de diversidad de baterías como nunca antes en la historia de este sector?

Líneas arriba se señaló que el incremento de la actividad inventiva en este sector tecnológico estaba basado principalmente en las invenciones de electrodos de níquel y litio. En 1989 empezó a ser comercializada la batería de níquel metal hidruro, y en 1991 Sony lanzó al mercado una batería de litio que permitía explotar su potencial voltaje en un sistema no acuoso, que no produjera explosiones (que hoy empiezan a hacer estragos en algunas empresas como Samsung) en las baterías. Parece que estas dos invenciones permitieron un incremento en el patentamiento del sector y por otro lado un incremento en la diversidad como nunca antes se había dado. Por último, el crecimiento de la especialización en el último periodo se puede representar como el crecimiento de las baterías que combinan lo materiales activos litio y carbón por ejemplo.

Como se observa los indicadores de diversidad y de especialización crecen casi de la mano, principalmente en los periodos 2 y 3, sin embargo hasta este nivel de análisis no se puede asegurar si es por el crecimiento de las baterías o por componentes específicos, cuestión que queda fuera del alcance de este documento. Como se aprecia los indicadores expuestos nos permiten acompañar la historia de un sector tecnológico, y dan pistas de la situación del mismo, como puede ser una etapa de exploración o de explotación. Cabe añadir que los conceptos de Dimensionalidad (N) y Cardinalidad (X) enunciados arriba (X^N) permiten conceptualizar que el crecimiento de la diversidad se ha dado por el incremento de las dimensiones o componente.

82

Gráfica 4**Cuadro 12**

Diferentes tipos de baterías, diversidad e información mutua periodo 1948-1988

	Promedio de diferentes tipos baterías por año	Promedio indicador de diversidad	Promedio indicador de información mutua.
Etapa 1. 1847-1880	0,90	0,356	0,249
Etapa 2. 1881-1947	7,58	2,552	1,427
Periodo.1847- 1947	5,38	1,827	1,038
Etapa 1. 1948-1977	19,83	3,84	1,92
Etapa 2. 1978-1988	31,63	4,57	2,31
Periodo.1948- 1988	23,00	4,03	2,032
Etapa 1. 1989-2004	65,87	5,11	2,6
Etapa 2. 2005-2014	121,00	6,68	3,97
Periodo.1989- 2014	87.07	5,88	2,9

Fuente. Elaboración propia con base datos de USPTO.

Consideraciones finales

Como se mencionó arriba los indicadores expuestos como diversidad y especialización usando patentes puede representar parte de la historia de un sector tecnológico de baterías. También como se mencionó, el texto propo-

ne un uso de indicadores acompañado del uso de patentes, sin embargo también se añade un análisis conceptual de interpretación que permite reconocer parte de los movimientos tecnológicos, asimismo se añade una análisis de la historia de dicho sector. De hecho la propuesta es una metodología del estudio de la diversi-

dad de los sectores tecnológicos a través de las patentes, con una perspectiva de los sistemas complejos, desde en un procesos combinatorial.

Por el lado del estudio de caso, se ha mostrado que las baterías en realidad han incrementado su diversidad, y que esto no ha sido lineal, sino han surgido algunas etapas bien marcadas y que hasta 2010 emergía un proceso de exploración. Por lo anterior el trabajo apunta a abonar a los estudios de medición e historia de la tecnología.

Bibliografía

- Anderson, Philip y Tushman, Michael L. (1990), “Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change”, *Administrative Science Quarterly*, 35(4), 604-633.
- Abernathy, William y Clark Kim B. (1985), “Innovation: Mapping the winds of creative destruction” *Research Policy* 14(1), 3-22.
- Aifantis Katerina E, Vasant Kumar y Stephen A. Hackney (2010), High Energy Density Lithium Batteries, Materials, Engineering, Applications. Ed. Wiley-VCH. 265 pp. ed.
- Anderson, Philip y Tushman, Michael L. (1990): “Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change” *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, No. 4 (Dec., 1990), pp. 604-633.
- Auyang, Sunny (1998): Foundations of complex-system theories. Ed. Cambridge University Press. 420 pp. ISBN: 0521778263, 9780521778268.
- Ball, Philip (2010), Masa Crítica, Versión Original en inglés 2004, Fondo de Cultura Económica. 600 pp.
- Baldwin Carlis Y. y Clark K. (2000): Design Rules: The power of modularity. Ed. MIT Press. 471 pp. ISBN: 0262024667, 9780262024662.
- Benner, M.J y Tushman, M. (2003): “Exploitation, Exploration, and Process Management” en *The Academy of Management Review*, 28 (2). pp. 238-256.
- Comanor, William S., y Scherer. Frederic M. (1969), “Patent statistics as a measure of technical change”, *Journal of Political Economy*, 77(3), 392-98.
- Gould, Stephen J. y Eldredge Niles (1972), “Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered” *Paleobiology* 3, 115-155.
- Fara, Patricia (2010): Alessandro Volta and the politics of pictures Clare College, Trinity Lane, Cambridge CB2 1TL, UK. *Endeavour* Vol.33 No.4
- Fleming, L., y O. Sorenson (2001): “Technology as a complex adaptive system: Evidence from patent data” en *Research Policy* Forthcoming.
- Frenken, Koen (2000), “A complexity approach to innovation networks. The case of the aircraft industry 1909–1997” *Research Policy* 29, 257–272.
- Frenken, Koen (2006), “A fitness landscape approach to technological complexity, modularity, and vertical disintegration” *Structural Change and Economic Dynamics* 17, 288–305.
- Frenken, Koen (2006), “Innovation, Evolution and Complexity Theory”. Ed. Edward Elgar. Cheltenham U.K. 176 pp.
- Haussman Jerry, Hall Bronwyn y Griliches Zvi, (1984) “Econometric Models for Count Data with an Application to the Patents - R&D Relationship, NBER Technical Working Paper, 17.
- Hall Bronwyn H, Adam B. Jaffe y Manuel Trajtenberg (2004): “The NBER Patent citation data file: Lessons, insights and Methodological Tools” en *Working Paper* 8498 .
- He ZL, Wong PK (2004), “Exploration vs. exploitation: An empirical test of the ambidexterity hypothesis” *Organization Science*, 15(4), 481-494.
- Jaffe, Adam (1986), “Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms’ patents, profits, and market value” *American Economic Review*, 76, 984-1001.
- Jaffe, Adam (1992), “Geographic Localization Of Knowledge Spillovers As Evidence by Patent Citation” Ed. Cambridge: NBER.

- Jaffe, A. y Trajtenberg M. (1998): "International Knowledge Flows: Evidence From Patent Citations" NBER ed. Cambridge.
- Jaffe A. y Hu (2001): "Patent citations and international knowledge flow: the cases of Korea and Taiwan" NBER, Cambridge.
- Jenner, R.A. (1966), "An information version of pure competition" Economic Journal, (76) 786-805.
- Kauffman, Stuart A. (1993), The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution, New York and Oxford: Oxford University Press. 300 pp.
- Kauffman, Stuart (1995), At Home in the Universe: The Search of the Laws of Self-Organizations and Complexity. Ed. Oxford University Press, New York. 350 pp.
- Kauffman, Stuart A. (2003): Investigaciones. Ed. Metatemas. Versión original Investigations (2000). 372 pp.
- Kurzweil P. (2010), "Gaston Planté and his invention of the lead-acid battery—The genesis of the first practical rechargeable battery" Journal of Power Sources, 195, 4424–4434.
- Levinthal Daniel A, March James G. (1993), "The Myopia of Learning" Strategic Management Journal, 14, Special Issue: Organizations, Decision Making and Strategy, 95-112.
- Levinthal Daniel A. (1998), "The Slow Pace of Rapid Technological Change: Gradualism and Punctuation in Technological Change" Industrial and Corporate Change 7(2), 217-247.
- March, James G. (1991), "Exploration and Exploitation in Organizational Learning" Organization Science, 2(1), Special Issue: Organizational Learning: Papers in Honor of (and by) James G. March, 71-87.
- Nelson, Richard y Winter Sidney (1982), An Evolutionary Theory Of Economic Change. Ed The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge and London 437 pp.
- Page, Scott E. (2011), Diversity and Complexity, Ed. Princeton University, 291 p.
- Pakes, Ariel (1985), "On patents, R&D, and the stock market rate of return", Journal of Political Economy, 93, 390–409.
- Pavitt, Keit (1984), "Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory" Research Policy 13, 343–373.
- Schmookler, Jacob (1951), Invention and Economic Development, Unpub Ph. D. Dissertation, U. od Pennsylvania.
- Schmookler, Jacob (1954), "The level of Inventive Activity" Review Economic Static, 26.
- Shanon, C. E, y W. Weaver (1949): The Mathematical Theory of Comunications, University of Illinois Press.
- Sherer , F. M. (1965), "Firm Size, Market Structure, Oportunity, and the Output of Patent Inventions" American Economic Review 55.
- Sorensen, O., Rivkin J. y Fleeming L. (2002), "Complexity, Networks and Knowledge Flow", Harvard Business School Strategy Unit, Research Paper. 2(9).
- Susuki, Jun y Kodama Fumio (2004), "Technological diversity of persistent innovators in Japan Two case studies of large Japanese firms", Research Policy, 33, 531–549.
- Technology and Applied R&D Need for Electrical Energy Storage. Resource Document for the Workshop on Basic Research Needs for Electrical Energy Storage (2007). US Departament of energy.
- Theil, Henri (1965), "The information approach to demand analysis", Econometrica, 33, 67-87.
- Tushman Michael L. y Anderson Philip (1986), "Technological Discontinuities and Organizational Environments" Administrative Science Quarterly, 31(3) 439-465.
- Trajtenberg, M. (1990), "A penny for you quotes: Patent Citations", Rand J. Economic, 21.
- Verspagen, Bart (2000), "The Role of Large multinationals in the Dutch technology infraestruture patent analysis" Scientometrics 47(2).

La onda larga de los precios de alimentos 1990-2016

The long wave of food prices 1990-2016

Edmar Salinas Callejas *



Abstract

This article analyzes the factors that determine the evolution and the behavior of food prices between 1990 to 2016. It emphasizes the global economy conditions which affect markets and its impact in the globalization process. Likewise, it reviews the particular situation on the economies that had decisive influence on this process like China, India, Brasil, South Africa and Russia. It concludes that the global economic slowdown has a positive impact on the decline of food prices and agricultural goods due to a growth rate decrease related to the supply on this goods.

Resumen

Este trabajo analiza los factores que determinan el comportamiento y la evolución de los precios de los alimentos entre 1990 y 2016. Se resaltan los cambios en las condiciones de la economía mundial que afectan los mercados de productos y su impacto en el proceso de globalización. Asimismo se revisa la situación particular de aquellas economías que influyeron de forma determinante en el proceso, como China, India, Brasil, Sudáfrica y Rusia. Se concluye que la declinación de precios de los alimentos y los bienes agrícolas fueron afectados por la desaceleración mundial de la economía, a través de una disminución del ritmo de crecimiento de la demanda en relación a la oferta de estos bienes.

* Área de relaciones productivas, Economía, UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de investigación son: la transición de la economía mexicana en las últimas décadas, economía social y desarrollo agrícola en México y elaboración y aplicación de compostas como material energético en colaboración con

UPIICSA-IPN, ESCA y U. Chapingo.
Correo electrónico: edmar01@yahoo.com

85

Palabras clave

Agricultura, Mercados agrarios, Política alimentaria

Key words

Agriculture, Agricultural Markets, Food Policy

JEL

Q1, Q13, Q18

Introducción

86

Los precios de los alimentos han tenido un comportamiento inusual en la última década del siglo xx y la primera década del siglo xxi. Su comportamiento secular es a la baja en virtud de que la oferta de productos alimentarios crece más rápido que la demanda de productos alimentarios en forma regular. Sin embargo, los precios de los alimentos agrícolas modificaron ese patrón y tendieron a crecer durante el período señalado, en virtud de que la oferta de bienes alimentarios agrícolas creció en menor proporción que la demanda, situación que se volvió a invertir a raíz de la crisis financiera y económica que detonó en 2008 y que desaceleró el crecimiento de la economía mundial a partir de 2011.

Un factor importante aunque no el único, fue el acelerado crecimiento de las economías emergentes como son las de China e India en transición al desarrollo y las de Brasil y Sudáfrica por el incremento de los precios de los productos agrícolas, así como la economía Rusa que creció en forma importante en el contexto de precios del petróleo altos. Lo importante de esta expansión es la transformación de las economías de China e India que representan la tercera parte de la población mundial y que han incorporado aproximadamente a 700 millones de personas a este proceso de transformación, incrementando en forma significativa la demanda de productos agrícolas alimentarios y presionando por tanto al alza de sus precios entre 1990 y 2010.

La desaceleración del crecimiento de la economía mundial por la recesión de las economías de Estados Unidos y la Unión Europea, así como su impacto adverso sobre las locomotoras del crecimiento que son China e India, afectó negativamente la demanda de bienes agrícolas alimentarios y estos empeza-

ron a reducir sus precios en el mercado mundial. Los países productores de estos bienes se han visto afectados también y como mantuvieron el peso de las exportaciones primarias han sido afectadas en el curso de esta década (Brasil y Argentina), a las que se sumó la caída de los precios del petróleo impactando adversamente su crecimiento (Rusia, Venezuela, Brasil, Ecuador, México).

El propósito de este ensayo es analizar los factores que han determinado el alza y la baja de los precios alimentarios entre 1990 y 2016 y evaluar la evolución posible de estos precios del corto al mediano plazo, señalando los cambios de las condiciones de la economía mundial que afectan el comportamiento del mercado mundial de estos productos, generados por la globalización económica.

La fase expansiva de los precios alimentarios

La globalización económica modificó las condiciones de la corriente circular de la economía a escala mundial y por tanto reconfiguró la economía mundial a la vez que cambió los ritmos de acumulación y crecimiento, que tendieron a disminuir en términos generales, si bien aceleró el crecimiento en un pequeño grupo de países denominados BRICS. Simultáneamente hubo una importante expansión de los flujos financieros y comerciales a escala internacional.

La globalización impactó en forma positiva y negativa a la agricultura a escala planetaria; positivamente al estimular la producción agrícola para exportación en los países en vías de desarrollo y los países desarrollados, negativamente al desarticular los reductos de la agricultura campesina de subsistencia y generar corrientes de migración masiva de la periferia hacia el centro, invirtiendo el sentido que el flujo migratorio había tenido secularmente.



La expansión de la exportación e importación de bienes agrícolas alimentarios también sufrió un cambio importante, los países en vías de desarrollo que por lo general eran productores de granos básicos y productos tropicales orientados al consumo interno y a la exportación, se convirtieron en exportadores de hortalizas y frutales e importadores de granos básicos, algunos siguieron anclados en la exportación de algún producto primordialmente como café, azúcar o soja. Los países desarrollados en cambio tendieron a la autosuficiencia alimentaria y a complementarse con los excedentes agrícolas de los países en vías de desarrollo. Sin embargo, en el caso de China e India, las importaciones de productos agrícolas crecieron considerablemente para mantener su ritmo de crecimiento y abastecer a una fracción importante de su población que mejoró sus ingresos y amplió su dieta alimentaria.

La aceleración de la demanda de productos agrícolas alimentarios se debió fundamentalmente a la diversificación de la propia demanda. En efecto, los destinos de consumo de los productos agrícolas se ampliaron, por un lado el incremento de bienes agrícolas para consumo humano y consumo animal, por otro lado el incremento de bienes agrícolas para alimentos procesados de consumo animal y humano, finalmente el consumo de productos agrícolas para la generación de biocombustibles.

La onda expansiva de los precios alimentarios va emergiendo en el curso de la década de los noventa para afianzarse en la siguiente década y llegar a su climax entre 2005 y 2007, hacia 2008 empieza a desacelerarse para finalmente hacer una inflexión a la baja notoria a partir de 2013 y declinar en el curso de los siguientes años. La onda expansiva coincide con

la fase ascendente de la globalización económica y la desaceleración y caída con la fase descendente de la propia globalización.

Como es bien sabido, la globalización es un proceso complejo que se ha manifestado económica, social y políticamente. Como proceso económico constituye la transformación estructural y sistémica del capitalismo a escala mundial a raíz de la crisis del capitalismo de posguerra en la estanflación de los años setenta y ochenta del siglo pasado. Esta transformación económica parte de un proceso de reestructuración y expansión financiera, posible por la existencia de una sobre liquidez después del ciclo de posguerra y la introducción de las TICS a escala mundial en todos los ámbitos de la actividad económica, particularmente en el sistema financiero, que muta de ser un sistema especializado a ser un sistema integral y múltiple a la vez con una sobredeterminación bursátil y especulativa.

Este cambio en la economía se acompaña por un lado de una transformación en los sistemas productivos y de un proceso de apertura comercial y financiera que modifica el paradigma económico keynesiano dominante hasta ese entonces, en su lugar aparece el paradigma económico monetarista denominado neoliberal cuyo eje es la postulación de libre mercado y democracia, como centro estratégico que guía la transformación del capitalismo a escala mundial. Por lo tanto la globalización también se despliega como un proceso político y geopolítico en la dominación mundial.

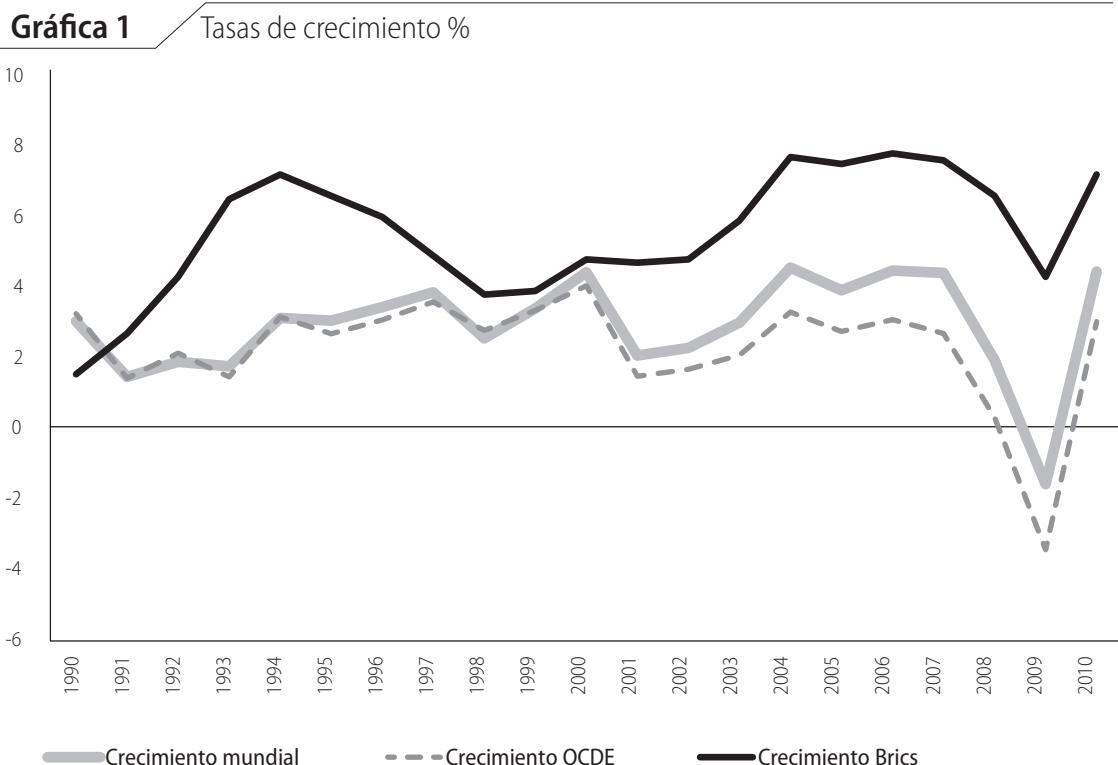
La agricultura va a ser afectada también, los sistemas de producción y riego se van a modificar paulatinamente, nuevas formas de producción bajo nuevas técnicas se van a desarrollar, el sistema de encolchado en las parcelas, el riego por aspersión, la agricultura de biotú-

neles e invernaderos o agricultura bajo techo, la electronización de la maquinaria y equipo agrícolas, el riego por goteo, la sustitución de la hibridación natural de semillas mejoradas por la biogenética y la generación de trasmógenes, todo ello orientado por la estrategia de aumentar rendimientos, reducir costos y elevar la rentabilidad económica. Estos cambios tecnológicos han permitido reconcentrar la tierra y el capital y elevar las escalas de producción y la productividad.

La apertura comercial y financiera que impulsa el nuevo paradigma neoliberal afectan también a la agricultura, ya que se reconfiguran las exportaciones e importaciones agrícolas y los países en vías de desarrollo se vuelven más dependientes de sus necesidades alimentarias básicas que los países desarrollados, quienes logran generar importantes excedentes alimentarios para exportarlos a los países en vías de desarrollo.

En el curso de la década de los noventa, las economías desarrolladas consolidan su proceso de recuperación económica y se eleva la tasa de crecimiento, el empleo y el control inflacionario; los países en vías de desarrollo inician su proceso de estabilización económica y reformas estructurales para configurar un nuevo modelo de crecimiento acorde a las necesidades del capital a escala mundial en su nuevo orden internacional.

Particularmente los países de América Latina se ven orillados a adaptar la agenda económica del Consenso de Washington, cuyos ejes estratégicos son las privatizaciones y los derechos de propiedad, la apertura comercial y financiera, el desplazamiento del estado como gestor económico y la reforma tributaria, a la vez que la transformación de los regímenes autoritarios en democracias electorales.



Fuente: Banco Mundial 2015.

El proceso de globalización económica tiene un doble aspecto, por un lado es un proceso de reestructuración internacional de los mercados de bienes y servicios, trabajo, financiero y tecnológico, por otro lado es una agenda económica para los países en vías de desarrollo que en el caso latinoamericano cobró forma en el Consenso de Washington y en el caso de todos los países en las recomendaciones de política económica de la OCDE.

En la gráfica 1 se puede apreciar el comportamiento de la tasa de crecimiento del PIB a nivel mundial, de los países de la OCDE y de los países que conformaron el bloque de los BRICS. El comportamiento de las tasas de crecimiento describe dos ciclos de crecimiento, uno que se inicia en 1991 y culmina en 2001, otro que empieza en 2002 y termina en 2009. El primer ciclo de crecimiento corresponde al perío-

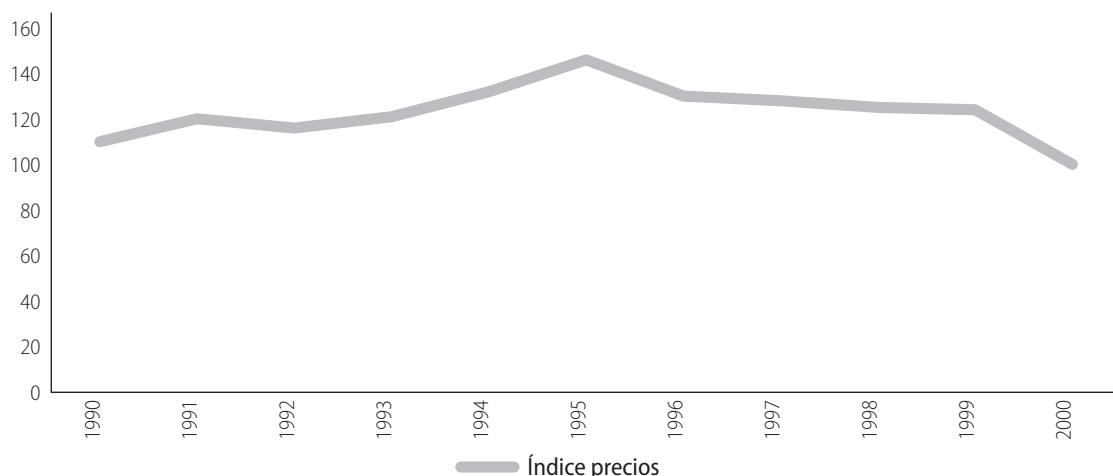
do de consolidación de la globalización como proceso y como modificación sistémica en las economías del mundo, termina con la recesión económica de 2001. El segundo ciclo económico arranca en 2002, es más breve que el primero pero más intenso, termina con la depresión de 2009, corresponde a la etapa de mayor expansión económica mundial y a la aparición de los límites y costos de la globalización económica.

En términos generales en ambos ciclos económicos el crecimiento mundial es mayor que el crecimiento de la OCDE, pero menor que el crecimiento de los BRICS. El mayor ritmo de crecimiento lo alcanzan los BRICS, después el crecimiento mundial y en tercer lugar el crecimiento de los países de la OCDE, conformado por las economías desarrolladas y algunas en vías de desarrollo como México. Es interesante desta-

car que el ritmo de crecimiento de los países desarrollados disminuyó en comparación con el ritmo de crecimiento que alcanzaron en la onda larga de postguerra (1948-1982)

Entre los productos agrícolas más importantes destacan arroz, azúcar, cacao, café y trigo. En la década de los noventa tendieron a incrementarse, el arroz fue el que presenta el

Gráfica 2 Índice de precios alimentos 2000 = 100



Fuente: Banco Mundial.

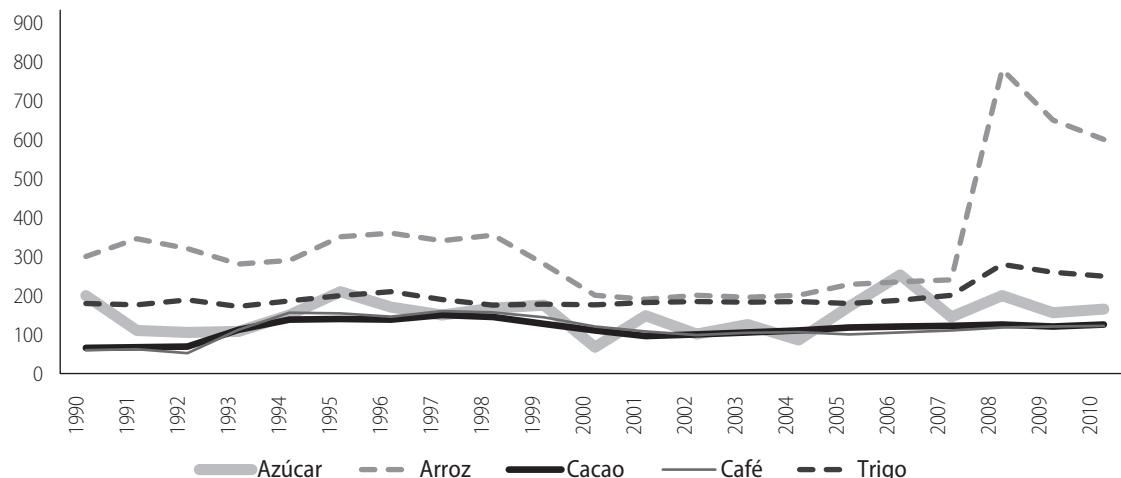
La gráfica 2 muestra el comportamiento del Índice de Precios de Alimentos en la década de los años noventa, en promedio el índice varío en 25% en relación al año 2000, en que los precios agrícolas tienen un descenso significativo, después del 2001 recuperaran su tendencia al crecimiento a un ritmo mayor que en la década de los noventa. La baja del Índice de Precios de alimentos coincide con la recesión económica norteamericana y europea de 2000 a 2001.

Los precios agrícolas alimentarios por el lado de la oferta crecieron en virtud de la elevación de los precios del petróleo, lo que encarece la producción de fertilizantes, plaguicidas y combustibles, además de las tarifas de transporte y electricidad; por el lado de la demanda se empieza a incrementar la demanda de productos agrícolas para producir biocombustibles, empleando como insumos para generar etanol a la caña de azúcar, el maíz y la soja principalmente.

índice de precios más alto, seguido del trigo, el café, el azúcar y el cacao, como se puede apreciar en la siguiente gráfica (gráfica 3).

Los productos agrícolas seleccionados muestran que su índice de precios converge con la tendencia del índice de precios general de los productos agrícolas, aunque con ciertas diferencias. El azúcar presenta un nivel de precios por arriba del año base que es 2000, con una tendencia hacia el alza moderada para todo el período. El arroz es el producto que mayor índice de precios alcanza, en el ciclo 1991-2000 tiene un índice de precios mayor que en el ciclo 2001-2009 y repunta fuertemente hacia 2010. El cacao presenta un índice de precios bajo en relación a los otros productos lo mismo que el café, pero tiende a ser mayor en el período 1990-2000 que en el período 2001-2009. El café tiene un comportamiento similar al del cacao. El trigo, en este último caso el índice de precios es más alto que todos los demás productos a excepción del arroz, mantiene

Gráfica 3 Índice de Precios productos agrícolas seleccionados



Fuente: FAO 2013.

91

una tendencia ligeramente al alza en todo el período, y, como todos los productos repunta en 1996 y 2007 y baja en 2000-2001 y 2008-2009.

Figura 1

Las fuerzas del mercado y los precios agrícolas



Fuente: FAO 2010.

Los estudios de la FAO y CEPAL indican que el comportamiento de los precios agrícolas y su inflexión al alza son resultado de diversos factores que los clasifican en estructurales y coyunturales y que afectan tanto el lado de la oferta como el lado de la demanda.

Los factores estructurales son aquellos que están relacionados con la determinación de la oferta y la demanda por las condiciones de producción y de mercado y que afectan en forma permanente las variaciones de la producción y el consumo de los bienes agrícolas, en tanto estas condiciones duren.

Los factores coyunturales se refieren al comportamiento de las variables económicas dada determinada situación de orden natural o de mercado y que afectan en forma transitoria las variaciones de la producción y el consumo de los bienes agrícolas.

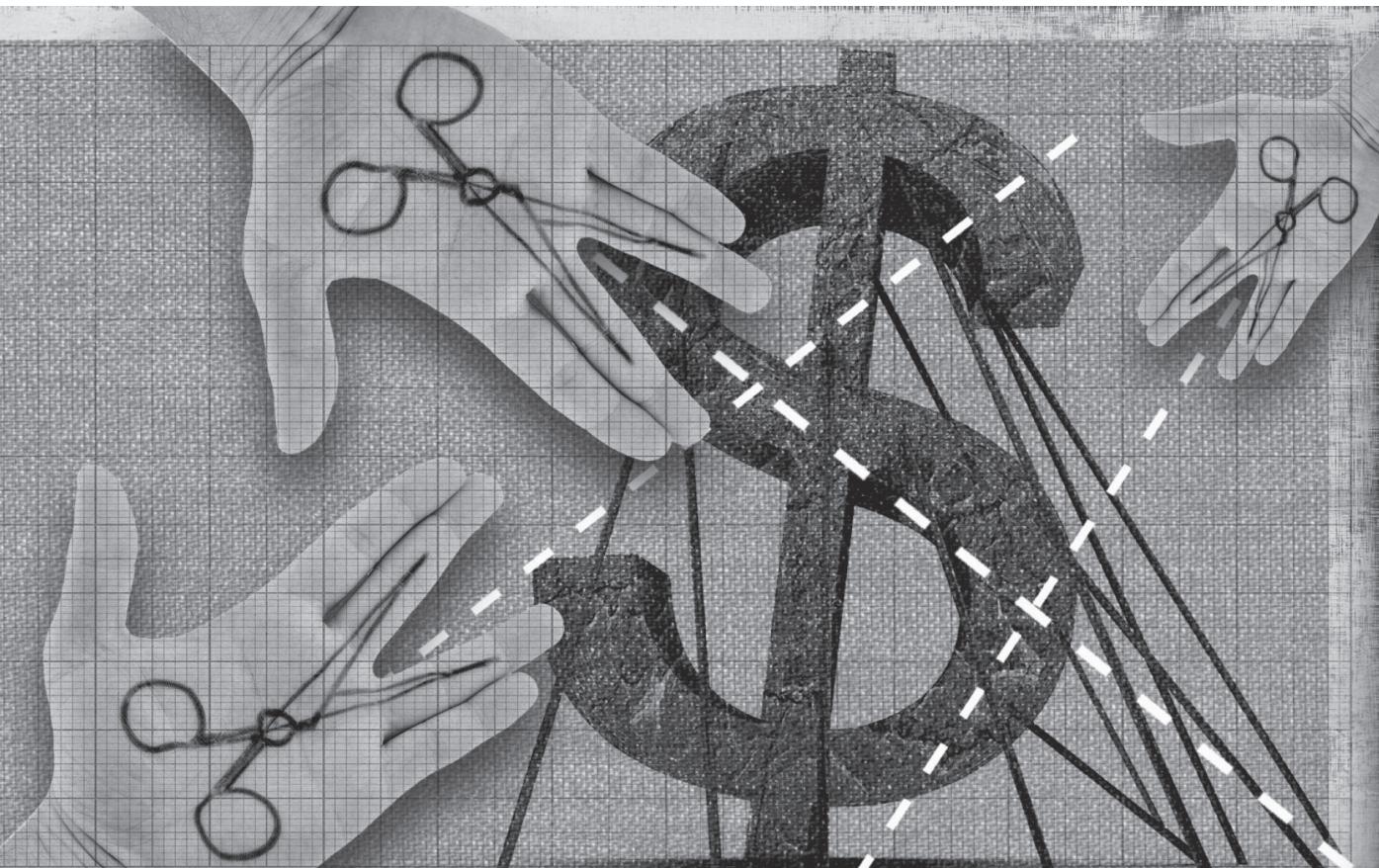
La política económica por lo general tiene un comportamiento coyuntural, ya que su diseño e instrumentación se aplican en la coyuntura para estabilizar los precios de los bienes, procurando frenar su caída o su alza según sea el caso. Si la política económica está inserta en una estrategia de desarrollo y crecimiento, puede entonces comportarse de forma estructural, porque puede modificar las condiciones de producción y de consumo de los bienes agrícolas.

92

En el comercio internacional ha habido modificaciones por cuanto al tipo de países exportadores e importadores de bienes agrícolas. La división internacional del trabajo asentó desde el siglo XIX y en el transcurso del siglo XX hasta la posguerra, que los países en vías de desarrollo se convirtan en exportadores de bienes primarios e importadores de manufacturas, por su parte los países desarrollados asumían el papel de exportadores de manufacturas e importadores de bienes primarios. Esta situación ha cambiado al finalizar la edad de oro del crecimiento de la posguerra en la década de los setenta. Los países desarrollados se empezaron a convertir en exportadores de manufacturas y alimentos, pero también en importadores de manufacturas e insumos agrícolas y minerales. Los países en vías de desarrollo iniciaron una larga transición para diversificar sus exportaciones y agregar la exportación de manufacturas maquiladas a los tradicionales bienes primarios, e importar insumos industriales, manufacturas y alimentos.

Esta modificación en la estructura del comercio mundial y en los papeles de los países desarrollados y en vías de desarrollo se ha profundizado en el contexto de la globalización económica (1990-2012), de forma tal que la interdependencia del comercio mundial es hoy más diversificada y más fuerte de lo que fue en el período precedente. El impacto ha sido positivo para la evolución del comercio internacional de bienes agrícolas, sin embargo, sigue operando en el fondo como factor determinante la diferenciación entre economías desarrolladas y economías en vías de desarrollo, la endogeneidad de la innovación tecnológica en las primeras y la exogeneidad de la innovación tecnológica en las segundas a excepción de China, India, Rusia y recientemente Irán, que promueven el esfuerzo por impulsar el cambio tecnológico endógeno.

En este nuevo contexto mundial afectado por la sobre especulación y la financiación de los mercados a futuro de los bienes agrícolas, la volatilidad de los precios ha aumentado y la



inflexión al alza se ha convertido en la característica principal del comportamiento de los precios de estos bienes primarios.

Entre los factores estructurales de la oferta destacan: la innovación tecnológica, el incremento de la productividad, la reducción de los costos, el estancamiento tecnológico, el incremento de los costos, las variaciones de la superficie cultivada y cosechada, la rentabilidad, los cambios en los usos alternativos de los bienes agrícolas, la variación de inventarios, la variación del producto.

Por el lado de los factores coyunturales de la oferta se tienen a los siguientes: las variaciones climáticas, las variaciones de precios de los insumos, las variaciones de la tasa de interés, las variaciones del tipo de cambio, los efectos de la política económica, la volatilidad de los precios y las expectativas de la volatilidad de los precios.

La elevación de costos por el estancamiento tecnológico de muchos países en vías de desarrollo, la elevación de costos por los incrementos de los precios del petróleo y la producción de insumos para la agricultura, el impacto adverso de las variaciones climáticas, han reducido los inventarios y disminuido el ritmo de expansión de la oferta.

Por el lado de la demanda en términos estructurales ha influido la diversificación del consumo de los bienes agrícolas (consumo humano, consumo animal, consumo energético y consumo productivo), la modificación de los patrones de consumo de la población y la elevación del nivel de ingreso en los BRICS. Impacto similar al alza tiene la bursatilización, ya que los *hedge funds* que se inyectan en los mercados futuros de bienes agrícolas elevan la demanda de contratos a futuro.

La interacción de los factores en las fuerzas del mercado por el lado de la oferta y la demanda es un proceso complejo, en el pro-

a elevación de costos por el estancamiento tecnológico de muchos países en vías de desarrollo,

la elevación de costos por los incrementos de los precios del petróleo y la producción de insumos para la agricultura, el impacto adverso de las variaciones climáticas, han reducido los inventarios y disminuido el ritmo de expansión de la oferta

93

ceso de globalización la resultante ha sido una tendencia moderada al alza de precios en la década de los noventa y una tendencia acelerada de la elevación de precios en la segunda mitad de la primera década del siglo XXI, situación que se modificó a partir de la depresión de 2009 por la crisis financiera de 2008, después de una recuperación breve entre 2010 y 2012, a partir de 2013 se inició el descenso de los precios agrícolas.

La inflexión a la baja de los precios de alimentos

Los precios de los alimentos agropecuarios tuvieron una primera inflexión a la baja en el curso de los años 2008 y 2009, dado el contexto de la crisis financiera y económica que se expresó en la depresión de 2009, sin embargo,

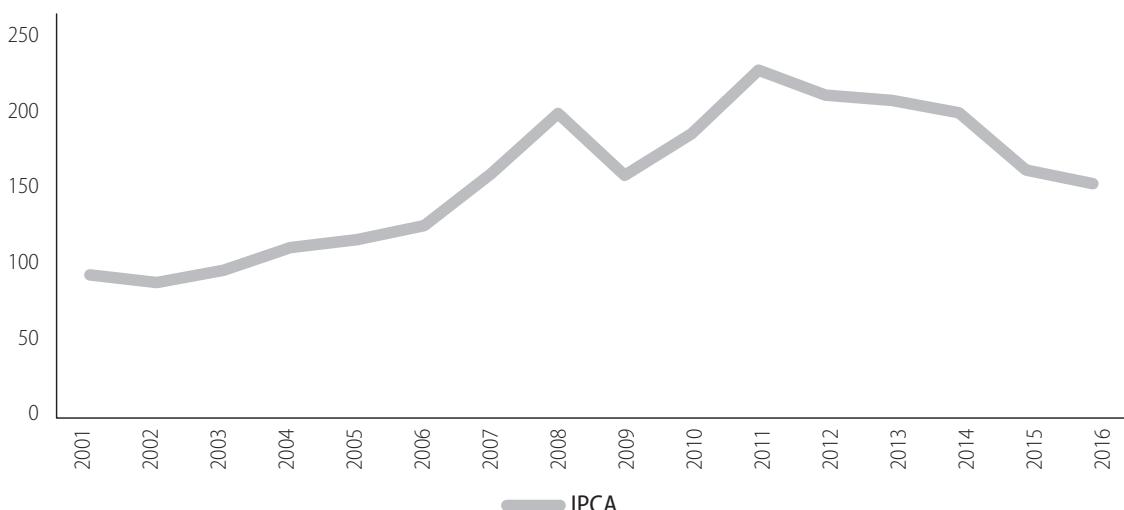
se recuperaron a partir de 2010 y alcanzaron su mayor repunte en 2012, la recuperación de 2010 está relacionada con la recuperación económica mundial como reacción a la depresión de 2009, en cambio el repunte de 2012 estuvo determinado por la caída de la oferta alimentaria en virtud de que la producción mundial de alimentos se contrajo por los efectos climáticos adversos, pues ese año se combinaron sequías severas y sobre precipitaciones pluviales en las distintas regiones agrícolas del mundo.

tibles y los fletes, situación que se veía reforzada por la expansión demográfica, la inercia del crecimiento al alza no obstante la depresión de 2009, así como la diversificación de la demanda en el consumo.

En la Gráfica 4 se puede apreciar este cambio, también comienzan a incidir otros factores para la reducción de precios, como es la aplicación de nuevos paquetes tecnológicos en la producción agrícola, que combinan los sistemas de riego por aspersión o por goteo, que

Gráfica 4 Índice de precios al consumidor de alimentos % 2002-2004=100

94



Fuente: FAO.

En 2013 se inició un descenso del índice de precios al consumidor en virtud de declinó el crecimiento económico a nivel mundial y las economías desarrolladas entraron en una situación de crecimiento bajo, situación que afectó al comercio global a través del cual se desaceleró el crecimiento económico de los BRICS, particularmente de China y de India.

Desde el punto de vista estructural la oferta de bienes agrícolas venía creciendo por debajo de la demanda y los costos de producción iban al alza por el estancamiento productivo, el alza de los precios del petróleo, los combus-

reduce la pérdida de agua por evaporación y permite incrementar la superficie irrigada, el cultivo en invernaderos y biotúneles que eleva la productividad pues permite un mejor control sobre los efectos climáticos, la generación de material vegetal y semillas de mayor rendimiento, y, el incremento de ciclos de producción en la agricultura bajo techo.

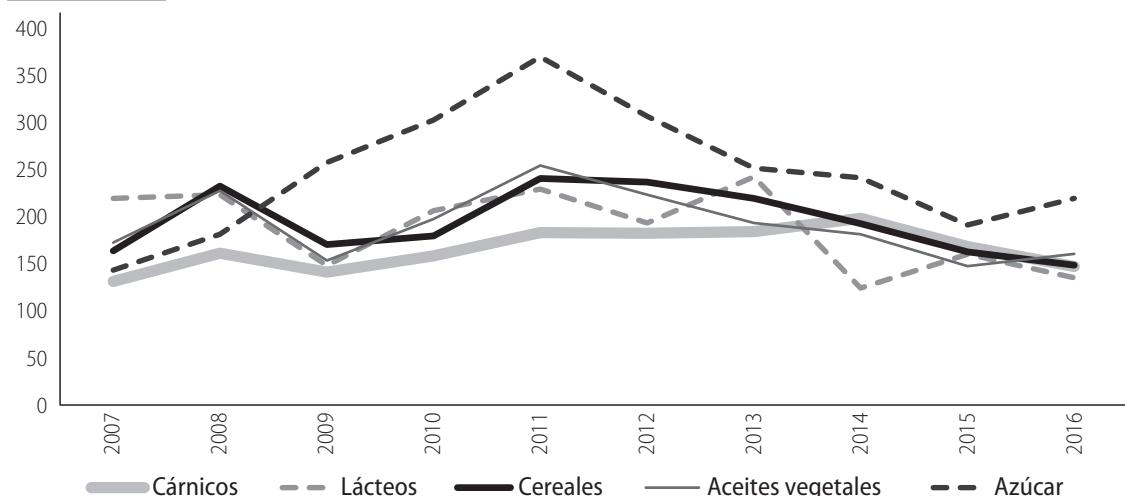
También va a estar incidiendo en la baja del índice de los precios agrícolas y de alimentos, la drástica reducción de los precios del petróleo, pues los precios de los combustibles derivados del petróleo serán competitivos

con los precios de los biocombustibles, lo cual incide en los costos de transporte y almacenamiento.

Por el lado de la demanda los factores que han incidido en la baja del índice de precios alimentarios y agrícolas han sido en primer lugar la contracción de la demanda de alimentos y materias primas de los BRICS y las economías desarrolladas por los efectos de la desacelera-

o baje los precios la demanda varía menos que proporcional a la variación de los precios, no así si hay cambios en el ingreso. La desaceleración económica mundial si incide en los niveles de ingresos y en la distribución lo que a su vez afecta al patrón de consumo de la población. Además la desaceleración económica mundial afecta la demanda de los insumos agropecuarios y de los biocombustibles.

Gráfica 5 Índice de precios al consumidor de alimentos %



Fuente: FAO.

95

ción de la economía mundial. Esta situación que oscila entre el estancamiento y el crecimiento moderado, ha afectado la demanda de alimentos, materias primas y biocombustibles, además de que la reducción de los precios del petróleo eleva la competitividad de los energéticos de los hidrocarburos frente a los denominados biocombustibles.

Las variaciones de los precios de los bienes agropecuarios no afecta mucho las variaciones de la demanda, éstas dependen más de las variaciones del ingreso, de su distribución y de los cambios en el patrón de consumo. En efecto la demanda de bienes alimentarios agropecuarios es inelástica dentro de cierto rango, suben

A partir de 2013 lo que se está dando es una combinación de factores favorables al descenso del índice de precios al consumidor, en tanto esta combinación de factores siga predominando el índice de precios al consumidor se mantendrá a la baja o tendrá un estancamiento relativo. Estos factores son la desaceleración económica mundial, la reducción de costos agropecuarios, la reducción de los precios del petróleo y de los combustibles derivados.

Sin embargo, se pueden dar altibajos en los precios de los bienes agrícolas específicos en función de las variaciones de la producción y

los inventarios y de los efectos del cambio climático, situación que por lo pronto se ha vuelto permanente.

Si se analiza cada uno de los grupos de alimentos hay una convergencia a la baja en términos generales, aunque en cada grupo hay sus particularidades, en 2008 hubo un repunte en todos los grupos de alimentos y en 2009 bajó el IPC de todos a excepción de los cárnicos cuyo índice se elevó notablemente. En 2010 y 2011 se recuperaron los IPC de todos, para 2012 comienza el descenso para todos los grupos de alimentos, pero en 2013 repunta los índices de cárnicos y lácteos así como de aceites vegetales, los precios de los cárnicos se incrementan en 2014, pero en 2015 se reducen, en cambio los lácteos repuntan en 2015. En 2016 las tendencias a la baja se mantienen en todos los grupos de alimentos salvo en el caso del azúcar cuyo IPC repunta en el primer semestre del año y lo mismo sucede con aceites y vegetales.

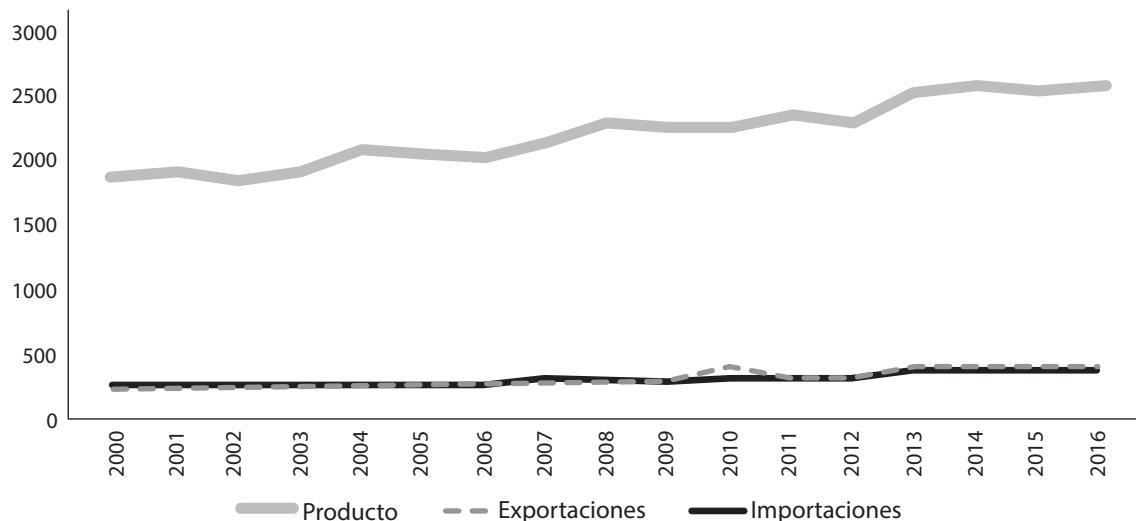
Una constante en el crecimiento de la demanda es el crecimiento poblacional, sin embargo, este factor se expresa a través del ingreso disponible por parte de las familias y por la demanda inversión de insumos para la producción de derivados alimentarios. Si la oferta alimentaria es suficiente pero el consumo alimentario es insuficiente es resultado de los niveles de ocupación y de distribución del ingresos, la población mundial que no tiene acceso a los alimentos es por su condición de marginalidad económica y social o porque la presión demográfica en las regiones atrasadas de agricultura tradicional supera las capacidades de producción de esas sociedades, es en estos ámbitos donde aparece el espectro de las hambrunas. La merma de las capacidades productivas de las regiones avanzadas y atrasadas es también resultado de los efectos del cambio climático.

En el curso de la primera década del siglo XXI los excedentes alimentarios tendieron a disminuir por el rápido crecimiento de las economías emergentes denominadas BRICS y por las tasas de crecimiento superiores de las economías en vías de desarrollo en comparación de las economías desarrolladas, esta situación ha comenzado a variar con el incremento nuevamente de la acumulación de inventarios por la reducción de la demanda a partir de los efectos de la crisis de 2009 y la desaceleración económica mundial subsecuente.

En la gráfica 6 se observa el comportamiento de la producción de cereales en el curso de las dos primeras décadas del siglo XXI. La tendencia a la producción de cereales ha sido al alza en todo el período, con reducciones significativas en 2002, 2009 y 2012. Sin embargo la tendencia del IPC de los cereales en el mismo período se caracteriza por una reducción importante en 2009 y un descenso sostenido a partir de 2013 hasta 2016. Esta situación de aumento de la producción y descenso de las variaciones de los precios de los cereales se explica por un lado por la reducción del crecimiento de su demanda a nivel internacional debido a la desaceleración económica y se ha traducido en un incremento de los inventarios, lo cual apuntala el alza de la oferta ante una demanda menos dinámica. De ahí el descenso del índice de precios al consumidor.

Las exportaciones y las importaciones han tendido a incrementarse de manera paulatina y su ritmo de crecimiento ha sido mayor a partir de 2011 hasta 2016, pero en una proporción menor al incremento del producto, esto puede significar en forma más puntual que lo que ha sucedido es una variación de la oferta mayor al alza que la variación de la demanda también al alza, por la expansión demográfica y la mayor propensión al consumo en los países en vías de desarrollo.

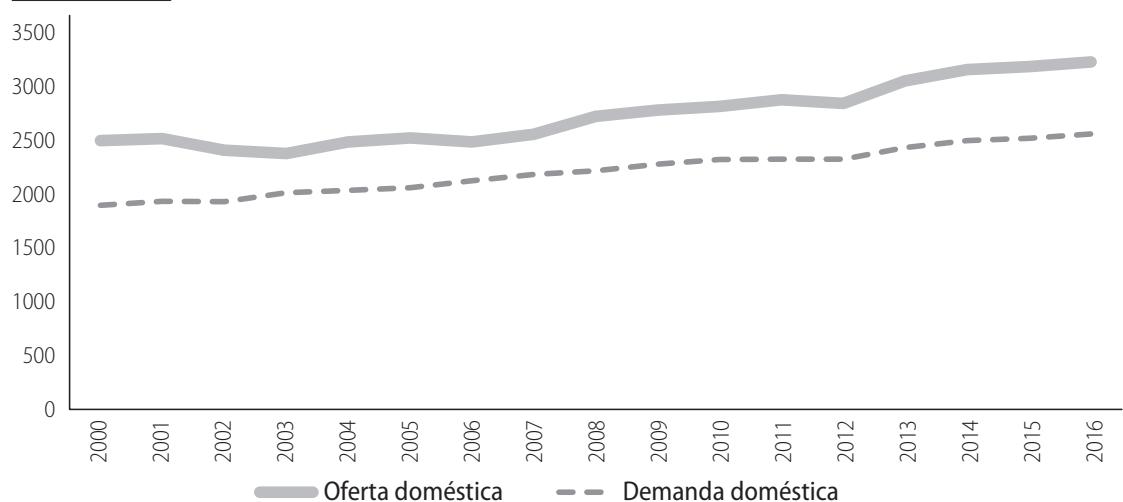
Gráfica 6 Producto, X e M de cereales miles de millones de toneladas



Fuente: FAO.

97

Gráfica 7 Oferta y demanda cereales miles de millones de toneladas



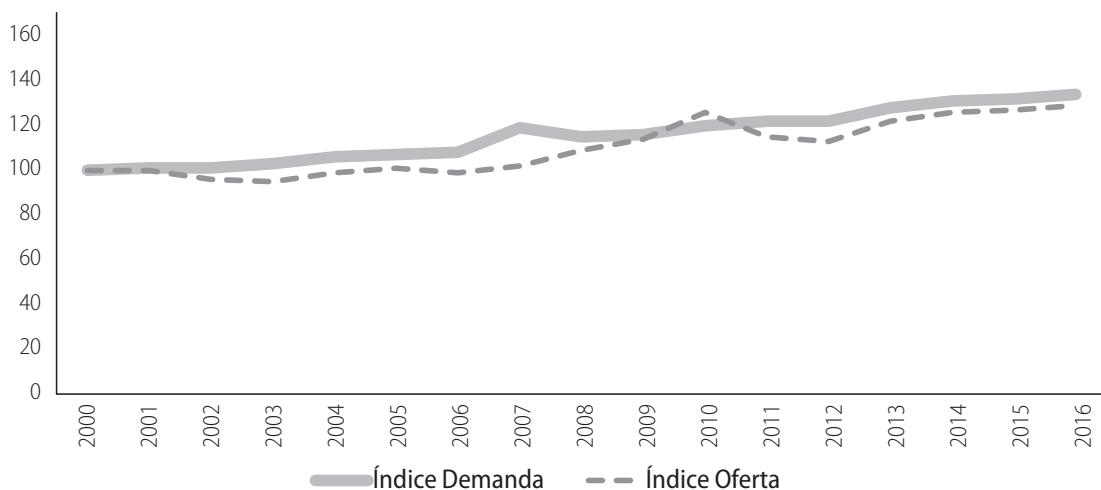
Fuente: FAO.

Si observamos la gráfica 7 se deduce que la oferta de cereales es mayor que la demanda en todo el período, esto supondría que los precios de los cereales tendrían que ir a la baja, sin embargo, lo que ha sucedido es una declinación del índice de precios del consumidor de los cereales a partir de 2013, esto se puede explicar

porque por un lado la demanda ha tendido a incrementarse en un nivel menor que el de la oferta y que en la composición de la oferta se ha incrementado la proporción de los inventarios o excedentes de producción, por el incremento menor de la demanda en relación a la producción.

Gráfica 8

Índices de demanda y oferta cereales 2000=100



Fuente: FAO.

98

Si observamos el comportamiento de los índices de la demanda y oferta con respecto al año 2000, la variación de la demanda ha sido mayor que la variación de la oferta, solamente en 2010 la variación de la oferta superó a la demanda, de todas formas el nivel de la oferta se encuentra por arriba del nivel de la demanda. A partir del 2013 han tendido a crecer en forma similar en una proporción aproximada. La demanda varío en 131 en promedio con respecto a 2000 y la oferta varío en 126 en promedio con respecto a 2000 también. Quiere decir que la oferta de cereales ha estado bajo fuerte presión de la demanda, resultado de esta situación la producción se incrementó de manera importante.

En este sentido la resultante de un nivel de oferta superior a la demanda, de un incremento mayor del producto a partir de 2010 y del incremento de la acumulación de inventarios en este período, la presión de la demanda no pudo sostener el incremento de precios y éstos han tendido a descender, pero todo apunta a que los precios puedan volver a subir si se recupera el crecimiento y el empleo a nivel

mundial y se eleva el comercio mundial de alimentos y productos agrícolas, a no ser que el cambio tecnológico en curso y el rescate de la agricultura de subsistencia y su modernización para combatir la pobreza, aunado al abaratamiento de los energéticos permitan incrementos de productividad, aumento del volumen de la oferta y la reducción de costos.

La recuperación económica mundial no parece inminente, la controversia por la dominación mundial en una situación crítica propiciada por la propia globalización ha ensombrecido en escenario mundial. La recuperación económica norteamericana va a un ritmo menor del esperado y la globalización neoliberal causó estragos en su planta productiva y el nivel de vida de la población, la coyuntura electoral definirá si los Estados Unidos se encaminan a un ajuste paulatino a la situación mundial o cambiarán su estrategia radicalmente ajustando la globalización a su interés nacional con consecuencias imprevistas.

La Unión Europea tiene que superar los retos de su sobreendeudamiento de algunos estados nacionales meridionales, pero tiene que

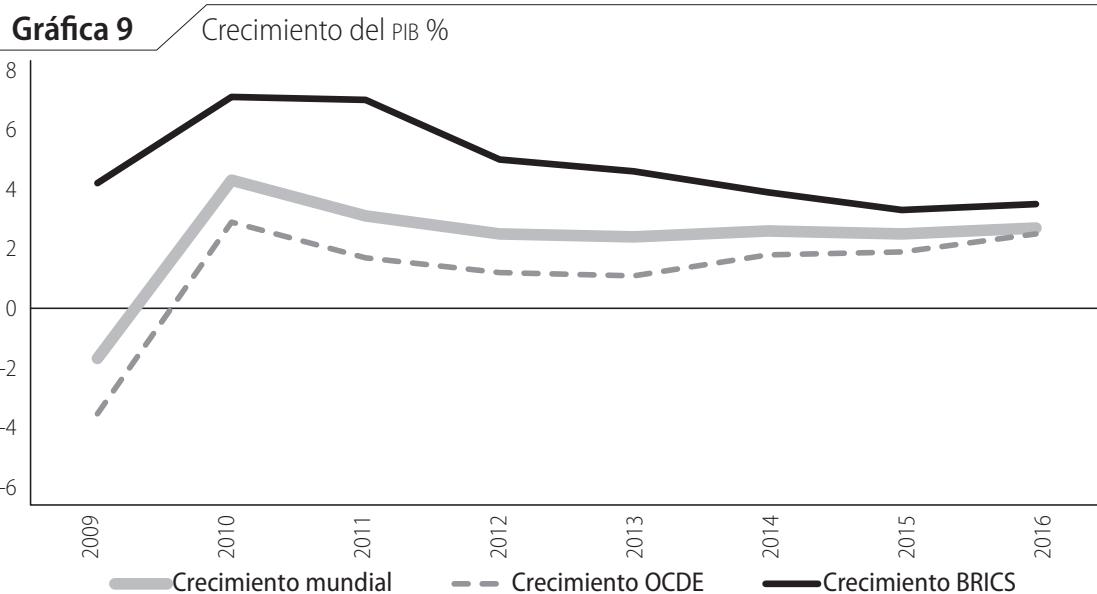
afrontar los procesos de reconversión de las nuevas economías incorporadas en transición al desarrollo y redefinir su estrategia de alianzas en un escenario polarizado por los propios intereses norteamericanos que revelan la crisis de su estrategia en Ucrania y Siria principalmente y cuyo mayor efecto es la migración masiva de la población que ha estado presionando fuertemente a la Unión Europea.

En América Latina el escenario no es muy halagador, las economías de la región han visto descender su ritmo de crecimiento ante la contracción del mercado mundial y la propia crisis financiera, en buena medida han supeditado su crecimiento a su capacidad de exportaciones, sin realizar un proceso de reconfiguración del sector exportador a partir de la reconversión productiva interna de su planta productiva, sino en una estrategia caracterizada por la configuración de un enclave neoexportador de productos primarios y de maquiladoras manufactureras con un impacto limitado en el crecimiento hacia adentro.

El Bloque de los BRICS se encuentra en dificultades, China e India han perdido su ritmo de crecimiento si bien mantienen tasas de crecimiento altas en la actual situación mundial de estancamiento relativo. Rusia se enfrenta a una crisis económica propiciada por el descenso de los precios del petróleo y la supeditación de su economía y sus finanzas a la exportación de hidrocarburos. Brasil y Sudáfrica enfrentan una situación de estanflación por la supeditación de su crecimiento a la exportación de bienes primarios.

En la gráfica 9 se observa que el crecimiento económico a nivel mundial se ha recuperado muy lentamente y que las economías emergentes han desacelerado su crecimiento, el crecimiento mundial parece situarse en 3.5 para este año, similar al de la OCDE y de los BRICS. La crisis de 2009 fue más severa en los países de la OCDE que a nivel mundial, los BRICS disminuyeron su crecimiento pero se mantuvieron fuera de la crisis China e India, mientras que Brasil y Sudáfrica se estancaron.

99



Fuente: Banco Mundial.

En conjunto los BRICS se recuperaron de 2010 a 2011, en 2012 fueron desacelerando su ritmo de crecimiento y convergen con el crecimiento de los países de OCDE y la tasa mundial de crecimiento.

Al parecer la demanda de alimentos y de bienes agrícolas en general ha disminuido en su ritmo de crecimiento, en tanto que la capacidad productiva ha aumentado en mayor proporción a la expansión de su demanda, razón por la cual el índice de precios al consumidor de los alimentos y los bienes agrícolas en particular ha ido descendiendo desde 2013 a la fecha.

La desaceleración de la economía mundial y su lenta recuperación han influido en el descenso del ritmo de la demanda doméstica de alimentos y bienes agrícolas, pero la expansión demográfica y la reducción de los precios permiten hacer que la demanda crezca aunque en menor proporción a la producción y la acumulación de inventarios, de ahí que el índice de crecimiento de la oferta sea ligeramente mayor al de la demanda.

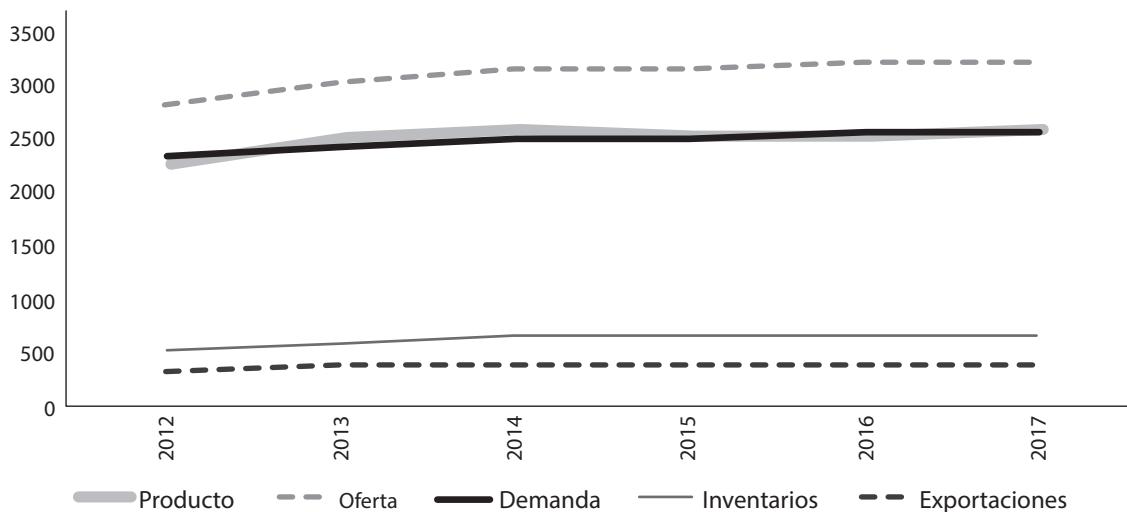
Tomando como ejemplo los cereales se ve en la gráfica 10 que el producto ha tendido a crecer en el período observado, el incremento de la demanda doméstica ha sido similar, las exportaciones han variado al alza un poco, los inventarios han crecido y la oferta también. Esta situación que se da en los cereales es similar a la que se da en el comportamiento de los alimentos en su conjunto si bien hay variaciones en cada grupo alimentario. El índice de precios al consumidor de los alimentos ha descendido de 225 a 150 en el curso de 2012 a 2016.

Los distintos grupos alimentarios han tenido comportamientos diferenciados pero en su conjunto la tendencia predominante ha sido a la baja. Los productos cárnicos son los que se han tendido a elevar durante todo el período observado, en virtud de la elevación de sus costos y la volatilidad de sus precios, la posibilidad de que sus precios no sigan al alza en la proporción actual y que se estabilicen está relacionada con la baja de los insumos para la producción de carne, es decir, de los forrajes y la disminución de los costos de transporte por la baja de los energéticos.

100

Gráfica 10

Cereales millones de toneladas



Fuente: FAO.

Los productos lácteos han tendido un comportamiento más errático pero al alza hasta 2013, a partir de 2014 han tendido a disminuir, es posible que sus precios se incrementen por la demanda del producto en las economías emergentes, ya que en los países desarrollados que son sus mayores consumidores la presión demográfica es baja y su consumo está estabilizado.

Los cereales después de esta situación a la baja, los precios pueden tender a estabilizarse hacia el 2020 por los incrementos de productividad y producción que inciden en los costos y los precios a la baja y los incrementos de la demanda de los mismos en un escenario de recuperación económica en los próximos años.

Las oleaginosas empiezan tienen una caída importante en 2009, se recuperan de 2010 hasta 2012 y empiezan a descender de 2013 a 2016, es probable que los precios tiendan a subir por la fuerte demanda que hay del producto, en particular en un escenario de recuperación económica.

El precio del azúcar se incrementó notablemente de 2004 a 2008 e inició su descenso a partir de 2009, la razón principal fue el incremento de su demanda por su empleo para la elaboración de biocombustibles, los efectos de la depresión mundial sobre su demanda primero y la baja de los precios del petróleo después han incidido en la declinación del índice de precios del consumidor en el caso de este producto, su expectativa es a estabilizarse en un nivel de precios menor al que tuvo en el período anterior.

Los biocombustibles aumentaron su precio en virtud de una mayor demanda, sin embargo en el caso de los biocombustibles de primera generación que son obtenidos del azúcar y la soya su precio seguirá con tendencia a la baja mientras el escenario de desaceleración econó-

mica se mantenga y los precios de los hidrocarburos sean bajos, si esta situación se modifica podrán repuntar en forma moderada.

En opinión de los expertos de FAO “se espera que los precios de todos los productos agrícolas disminuyan durante los próximos diez años conforme el aumento de producción, apoyado por un crecimiento de los productividad y los bajos precios de los insumos, supere los lentos incrementos de la demanda. Si bien esto es congruente con la tendencia de disminución secular de largo plazo, se espera que los precios permanezcan en un nivel más alto que en los años anteriores al precio pico 2007-2008. La demanda será reprimida a medida que el consumo per cápita de productos de primera necesidad se aproximará a la saturación de muchas economías emergentes, y también por una recuperación lenta en general de la economía mundial” (FAO 2016)

Los factores que obran en contra de la tendencia a la baja son los impactos adversos del cambio climático y de la especulación financiera en los mercados de futuros que inducen al incremento de la volatilidad de los precios.

Conclusiones

La hipótesis que orientó este ensayo es que la declinación de precios de los alimentos y los bienes agrícolas en general fue afectado por la desaceleración mundial de la economía, a través de una disminución del ritmo de crecimiento de la demanda en relación a la oferta de estos bienes.

En el curso del análisis se encontró que los factores que afectan la oferta y la demanda de los alimentos en general y de los productos agrícolas en particular son de orden estructural y coyuntural, tanto por el lado de la oferta como por el lado de la demanda.

102

En el ascenso de los índices de precios al consumidor de los alimentos se describen dos períodos, el primero de un ascenso lento entre 1991 y 2000 y después de un ascenso mayor entre 2003 y 2008, para declinar en 2009, tener una ligera recuperación entre 2010 y 2012 y volver a declinar a partir de 2013 hasta la fecha.

La corrección a la hipótesis formulada tomando como ejemplo el índice de precios al consumidor de los cereales es que tanto la oferta como la demanda se expandieron, que la oferta alcanzó un nivel mayor a la demanda por los incrementos en la producción y el aumento de inventarios, de tal forma que los incrementos de la demanda presionaron menos al alza de precios. Por su parte la producción vio disminuidos sus costos por los incrementos de la productividad y la reducción del precio de los energéticos, lo que permitió que los factores determinantes de la disminución del índice de precios al consumidor predominaran sobre los factores determinantes al alza del índice de precios al consumidor.

Las expectativas que se esperan en el comportamiento del índice de precios al consumidor de alimentos y productos agrícolas en general es a una estabilización a la baja en los próximos diez años, dependiendo de los efectos adversos del cambio climático y de la capacidad de recuperación de la economía mundial que se espera que sea paulatina.

Bibliografía

- CEPAL, FAO, IICA, *Volatilidad de los precios en los mercados agrícolas* (2000-2010), 2011.
- FAO, *Estado de los Mercados de Productos Básicos Agrícolas*, 2009.
- OCDE-FAO, *Perspectivas Agrícolas 2015-2024*, 2016.
- OMC, Informe sobre el comercio mundial 2014, 2015
- Salinas Edmar, La tendencia alcista de los precios agrícolas 2000-2012, *Reporte Macroeconómico de México*, diciembre de 2012, UAM Azcapotzalco.