

Predicción del precio de acciones en la Bolsa Mexicana de Valores utilizando la “Simulación Monte Carlo”

José Luis Vera Castillo*

Yolanda Leonor Rosado Muñoz*

Resumen

Esta investigación combina las bondades de la “Simulación Monte Carlo” en el análisis de riesgos, con la incertidumbre prevaiente en el mercado accionario, obteniendo como resultado un modelo que si bien está en una etapa muy temprana de su desarrollo, promete ser de utilidad para inversionistas reales y potenciales en la toma de decisiones de compra y venta de acciones en el contexto actual de la BMV, considerando en tal tarea aquellas variables económicas, corporativas y de mercado de mayor influencia en el precio de las acciones. La investigación describe en detalle el proceso de concepción y diseño de este complejo modelo, explicando cada etapa importante en su creación, como la selección bibliográfica de las variables, el análisis cualitativo que llevó a escoger a Consorcio Ara para efectuar la predicción, el análisis de los resultados y la semejanza de éstos con el comportamiento real del precio de las acciones.

Abstract

This work brings together the advantages of Monte Carlo Simulation in risk analysis with the uncertainty prevailing in the stock market, resulting in a model which, even being in a very early stage of development, promises great worth to real or potential investors in stock buying or selling decisions in the context of the Mexican Stock Market, considering in such a task those economic, corporate and market variables which have proofed themselves as the most influential for stock prices. The investigation describes in detail the process of conception and design of this complex model, explaining each of the most important stages in its creation, like the bibliographical selection of variables, the qualitative analysis which lead to choose Consorcio Ara as the most suitable company to make the prediction, and the results analysis, including the similarity of these with the actual behavior of stock prices for the selected business.

Palabras clave: Simulación Monte Carlo, precio de las acciones.

Keywords: Monte Carlo Simulation, stock prices.

* Profesores de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Yucatán.

La inversión en acciones es para muchos un terreno desconocido; es común creer que se necesita ser millonario para participar, o que es como jugar en un casino y el riesgo de perderlo todo es muy alto; que se requiere ser un experto en economía o finanzas, y que exige estar todo el día observando las pantallas de cotizaciones; los mitos son muchos, la realidad es que en nuestro país muy pocas personas participan en esta actividad, que a diferencia de México, en otros países desarrollados es una práctica común entre ahorradores.

Las bolsas de valores tienen entre sus funciones el hacer fluir recursos monetarios hacia las empresas, las cuales al recibirlos invierten en actividades económicas, generando riqueza y crecimiento en beneficio de la sociedad en general; es por eso que incrementar la cantidad de participantes que aportan sus recursos económicos para ayudar en tan importante labor puede ser un factor de peso para el desarrollo del país, y desde luego para su competitividad (Díaz, 2004).

El incremento de inversionistas en la Bolsa de Valores significa mayor flujo de recursos económicos hacia las empresas, las que con su actividad económica y comercial generan empleos, flujos de recursos, exportaciones, infraestructura, crecimiento y desarrollo económico en general, haciendo a México un país competitivo y atractivo para la inversión extranjera.

Para las empresas, la existencia de un mayor número de inversionistas participando en la Bolsa, dispuestos a aportar sus recursos económicos para el financiamiento bursátil de las grandes corporaciones, hace que el cotizar sus acciones en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) sea una opción de financiamiento cada vez más atractiva. El financiamiento bursátil es una alternativa real y eficaz para atender sus necesidades de capital; el financiamiento a través de la emisión y oferta pública de acciones es, tal vez, la fórmula más competitiva de obtención de recursos de largo plazo; es una opción real para las empresas con visión de trascender, y permite la consolidación y fortalecimiento de su estructura financiera, generando así las condiciones necesarias para maximizar su competitividad, permitiéndole aprovechar oportunidades de negocios en México y en el extranjero (BMV, 2003).

Por lo anteriormente descrito resultan evidentes los beneficios de incrementar el número de inversionistas que participan activamente en la bolsa de valores; sin embargo, éste es un objetivo muy difícil de lograr debido a los mitos existentes sobre la bolsa; es necesario entonces motivar a ahorradores y entidades con recursos financieros disponibles, a tomar parte en el mercado accionario, y una forma de lograrlo es proporcionándoles los medios que les permitan participar

minimizando los riesgos a los que se exponen, y brindándoles cierta seguridad de que lograrán tener ganancias sobre su inversión.

Para ayudar en tal tarea se llevó a cabo esta investigación, en la que se propone el uso de la Simulación Monte Carlo en la predicción del precio de acciones en la Bolsa Mexicana de Valores, de forma que se permita a los inversionistas tomar decisiones de compra o venta con bases estadísticas que reflejen el comportamiento de la economía en general y de las propias acciones.

Como herramienta estadística, la Simulación Monte Carlo ha probado su eficiencia en diversos campos científicos; se trata de una herramienta basada en la repetición y consiste en construir modelos que representen sistemas reales, en los que el comportamiento de determinadas variables afectan a uno o más resultados finales; el método requiere simular cientos o incluso miles de veces estos modelos, procesando todos los resultados obtenidos en cada escenario individual y proporcionando aquéllos con mayor probabilidad de ocurrencia, con el fin de permitir a los usuarios del modelo la toma de decisiones bien fundamentadas en situaciones de riesgo e incertidumbre (Machain, 2006).

Objetivos e hipótesis

Teniendo en mente aplicar en el mercado accionario un proceso de simulación como el descrito, y lograr así una predicción confiable del precio futuro de las acciones que se venden en bolsa, se planteó como objetivo:

Predecir el precio futuro de las acciones de una empresa que cotice en la Bolsa Mexicana de Valores utilizando la Simulación Monte Carlo.

De cumplirse tal objetivo, esta herramienta puede servir de apoyo a potenciales inversionistas para participar en el mercado de valores reduciendo sus riesgos. Se buscará también cumplir con los objetivos específicos siguientes, los cuales deben completarse con el fin de alcanzar el objetivo principal:

- a. Identificar las variables cuyo comportamiento tiene mayor relación con la fluctuación del precio de las acciones y describir sus características.
- b. Construir un modelo informático que utilice la Simulación Monte Carlo para hacer predicciones del precio futuro de una acción determinada.
- c. Determinar el horizonte de tiempo en el cual el modelo de Simulación Monte Carlo desarrollado puede ser efectivo para predecir el precio de las acciones.

La hipótesis de investigación es:

H1: se puede predecir el precio futuro de acciones en la Bolsa Mexicana de Valores utilizando la Simulación Monte Carlo.

Revisión de la literatura

El sistema financiero

En cualquier economía, el sistema financiero se constituye por un conjunto de mercados, instituciones y mecanismos legales, cuyo objetivo principal es canalizar de manera eficiente el ahorro generado por unidades económicas con superávit hacia aquellas con déficit (Díaz, 2004: 24).

El sistema financiero es en donde se equilibran los recursos monetarios. En palabras simples, es el lugar donde se vende y compra el dinero; quienes venden dinero son aquellos que tienen recursos para prestar, y quienes lo compran son aquellos que buscan recursos para financiarse (AMAH, 2009).

La función del sistema financiero reviste gran importancia, ya que si éste no proporcionara el marco para el desarrollo de las actividades de los mercados financieros, el contacto entre entidades deficitarias y superavitarias sería muy lento, costoso, ineficiente, y principalmente escaso. Al hacer fluir los recursos monetarios de entidades que no los necesitan a entidades que los requieren en determinado momento para actividades productivas o de inversión, el sistema financiero ayuda al correcto funcionamiento de la economía de los países, favoreciendo el intercambio de activos, logrando con ello proveer de liquidez a los agentes económicos para que estén en condiciones de realizar sus actividades (Díaz, 2004).

Desde finales de los años noventa el sistema financiero mexicano ha enfrentado profundos cambios en su estructura, su conformación, e incluso en su funcionamiento; ha evolucionado para hacer frente a las necesidades actuales, de forma que no se pierda competitividad ante mercados financieros de países desarrollados. La creación de nuevos instrumentos (el mercado de derivados inició formalmente sus operaciones en 1998) y de nuevas instituciones participantes es una muestra de la modernización que los mercados financieros han alcanzado en México. Pese a lo anterior, el sistema financiero no puede seguir creciendo y desarrollándose simplemente con la modernización de las instituciones o el aumento de la oferta; se hace necesario un desarrollo continuo de la demanda, así como su consolidación para responder a la evolución de la oferta.

Sin los inversionistas que adquieran acciones y bonos públicos o privados, o sin los ahorradores que depositen su dinero en instrumentos bancarios tradicionales o en otros activos bursátiles, sencillamente el sistema financiero fracasaría (Díaz, 2004).

En las bolsas de valores del mundo se negocia con diferentes tipos de activos financieros, que dan origen a su vez a los distintos mercados financieros formalmente organizados; cada uno de ellos tiene sus propias y particulares características de riesgo, rendimientos y plazos, como son: el mercado de dinero, el mercado de capitales, el mercado de divisas, el mercado de metales y el mercado de derivados.

El mercado accionario

Este trabajo se enfoca en delimitar las características propias y particulares del mercado de capitales o accionario, de acuerdo con el objetivo de la investigación. El mercado accionario (o mercado de capitales) es el conjunto de normas y participantes (emisores, intermediarios, inversionistas y otros agentes económicos) que tiene como objeto permitir el proceso de emisión, colocación, distribución e intermediación de las acciones inscritas en el Registro Nacional de Valores (CNBV, 2008).

Es el espacio físico, electrónico y legal donde se negocian activos financieros emitidos a largo plazo, tanto en forma de deuda (bonos u obligaciones), como de participaciones en el capital de una empresa (acciones); una de las características más destacadas de este mercado es que presenta una elevada volatilidad (González y García, 2008: 155).

Las acciones son títulos que representan una parte proporcional del capital de una empresa constituida legalmente como sociedad anónima. Todas las sociedades creadas bajo esta figura jurídica emiten acciones al momento de constituirse, pero no todas cotizan sus acciones en la Bolsa (Díaz, 2004); para poder hacerlo, una empresa debe cumplir con requisitos de inscripción y de mantenimiento que son establecidos por la propia BMV.

Como títulos representativos del capital de una empresa, las acciones pueden, según su naturaleza, conceder a sus tenedores ciertos derechos que pueden clasificarse en derechos políticos y derechos económicos. Los derechos políticos se traducen en derecho a voz y voto en las decisiones concernientes al consejo de administración de la empresa; los derechos económicos significan el derecho a

participar de las utilidades obtenidas por la entidad en su operación mediante los dividendos o el retiro de utilidades (González y García, 2008).

Además de los dividendos, existe otra forma de obtener rendimientos por la posesión de acciones: la ganancia de capital, que puede definirse como el aumento o disminución (en cuyo caso se nombra pérdida de capital) del precio de una acción a partir de su fecha de compra (Creel, 1980). La ganancia de capital ocurre cuando el precio de venta de una acción es superior al precio que se pagó por su compra debido a las fuerzas del mercado, que algunas veces crean una mayor demanda que la oferta existente para determinadas acciones (González y García, 2008).

Las acciones no tienen plazo, y el tenedor puede decidir conservarlas o venderlas en el momento que considere apropiado según sus expectativas. El precio está en función del desempeño de la empresa emisora y de las expectativas que haya sobre su desarrollo, y también influyen elementos externos que afectan al mercado en general (Morales y Morales, 2002: 186; González y García, 2008: 181).

Por lo anterior, el mercado secundario de acciones se vuelve un juego en donde unos participantes desean comprar y otros intentan vender determinadas acciones, cada uno atendiendo a sus propias expectativas sobre el comportamiento futuro de las mismas, pero, de la misma forma que ocurre en cualquier juego, al final sólo unos logran ganar y los demás resultan perdedores.

Invertir en acciones conlleva un alto riesgo, ya que éstas no representan una deuda para su emisor, de tal manera que no está obligado a pagar ningún tipo de rendimiento y tampoco hay un plazo determinado para que el inversionista recupere su capital y el rendimiento esperado al momento en que decidió participar. De hecho, hay una alta probabilidad de que no reciba rendimiento alguno y, lo más importante, de que pierda parte de su capital (Díaz, 2004).

El precio de las acciones

El precio de las acciones se determina según la oferta y la demanda, que actúan de acuerdo con dos factores principales: los dividendos y el potencial de la acción para conseguir nuevos beneficios, lo cual depende esencialmente de la situación económica de la empresa en el mercado (Korn, Korn, Hamacher y Schwarze, 2004).

Muchos inversionistas compran acciones sólo con el fin de venderlas posteriormente a un precio mayor, obteniendo una ganancia de capital, por lo que es muy común que compren y vendan acciones sin preocuparse por los dividendos que éstas puedan repartir en el futuro (González y García, 2008).

El IPC de la Bolsa Mexicana de Valores

Los índices bursátiles son un instrumento utilizado en las bolsas de valores para seguir la evolución del conjunto de las acciones cotizadas. La mayor parte de los índices se constituyen con una selección de acciones que pretenden representar a la totalidad. Los índices bursátiles son una referencia cada vez más importante para los gestores de cartera y para la oferta de activos financieros; incluso se habla más de los índices que de los mercados como conjunto. Los índices bursátiles sirven para medir el comportamiento del mercado al que representan y compararlo con la evolución de un valor o una cartera de valores determinada.

El índice más importante en México es el Índice de Precios y Cotizaciones, aunque existen otros de menor relevancia, como el Índice México (Inmex) y los índices sectoriales. Tal como lo expresa la BMV (2009), el IPC es el principal indicador de la Bolsa, ya que expresa el rendimiento de todo el mercado accionario en función de las variaciones de precios de una muestra balanceada, ponderada y representativa del conjunto de acciones cotizadas en la Bolsa.

El riesgo

Por lo general, las cantidades de dinero que se invierten en bolsa son sumas millonarias, y el simple hecho de dejar de disponer de ellas por cierto periodo de tiempo se convierte automáticamente en un costo (Palacios, 2007), así que para quien invierte tales cantidades se vuelve muy importante saber que las acciones que adquiere tienen expectativas reales de aumentar su valor. Para tomar decisiones de inversión acertadas es fundamental tener expectativas razonables de cuáles títulos entregarán los mayores rendimientos teniendo un menor riesgo, y estimar esto razonablemente siempre ha sido de gran dificultad (Cruz, Restrepo y Medina, 2008).

Los recursos en la economía son escasos, y aquellos que depositan sus recursos excedentes en acciones de la Bolsa de Valores, lo hacen esperando obtener ganancias que les brinden en el futuro la oportunidad de consumir más bienes

o servicios, y lo hacen también conscientes de que existe la posibilidad de ganancias menores a las esperadas, e incluso de incurrir en pérdidas; a esto se le llama riesgo. Morales y Morales (2002) ofrecen una lista de riesgos a los que se enfrentan quienes invierten en mercados financieros; los siguientes son algunos de los más importantes:

- *Riesgo económico.* Posibilidad de que los resultados de una inversión se vean afectados por el desempeño de la economía en su conjunto.
- *Riesgo sectorial.* Relacionado con una inversión cuyos resultados dependen del desempeño de un sector específico dentro de la economía del país, ya que aunque haya tendencias favorables para la economía en su conjunto, puede no ser así para ciertos sectores que han perdido competitividad o se ven rezagados por cambios en los hábitos de consumo.
- *Riesgo empresarial.* Riesgo intrínseco de la operación que realiza una empresa en particular, y es afectado por factores internos de la misma empresa, tanto cuantitativos como cualitativos.
- *Riesgo del negocio.* Inherente a las operaciones típicas de una empresa dentro de su industria.
- *Riesgo de precio de mercado.* Posibilidad de recibir un monto menor al invertido al vender un título.

La Simulación Monte Carlo

Recientemente la aplicación de la Simulación Monte Carlo se ha convertido en una de las herramientas más importantes para analizar el diseño y funcionamiento de sistemas complejos; ha servido para predecir el comportamiento de sistemas en áreas como economía, finanzas, sistemas de inventarios y evaluación de proyectos de inversión, y más allá de los negocios, en áreas tan diversas como la investigación clínica (en radioterapia y radiodiagnóstico) e incluso para valorar inversiones en una reserva petrolífera o estimar las operaciones óptimas en una mina de cobre, siempre demostrando que su uso se traduce en ahorro de tiempo y recursos, al ayudar en la toma de decisiones basándose en criterios estadísticos (Palacios, 2007; Alonso, Azofra y De la Fuente, 2007).

Para usar la Simulación Monte Carlo en la toma de decisiones se debe crear un modelo que reproduzca o represente el sistema que se desee analizar; este modelo debe combinar dos o más variables que afecten el resultado a observar y estas

variables deberán tener un comportamiento definido por parámetros conocidos; un claro ejemplo de estos parámetros serían la media aritmética y la desviación estándar de una distribución normal; en este ejemplo, cada valor que las variables adopten durante la simulación estará sujeto a cuál es el valor esperado o más probable (media aritmética) y qué tan dispersos pueden ser los valores reales respecto al valor esperado (desviación estándar). Simular este modelo consiste en darle a cada variable un valor aleatorio que respete la media y la desviación, de forma que la totalidad de valores generados tomen la forma de una distribución normal. Al combinarse las variables se genera para el resultado a observar un valor determinado, el cual debe registrarse; a la obtención del resultado o valor final tras modificar las variables se le conoce comúnmente con el nombre de iteración. En la siguiente iteración las variables deben adoptar, respetando los mismos parámetros de comportamiento, un nuevo valor aleatorio, lo que desde luego producirá un resultado final distinto, el cual también debe registrarse. El *quid* de la simulación es realizar tantas iteraciones como sean necesarias para que la totalidad de valores finales registrados tras cada una le brinden al usuario del modelo una visión de los resultados más probables a que el sistema puede llegar en la realidad, ya que en cada iteración se usaron valores que, aun siendo aleatorios, tienen probabilidad de ocurrir en el sistema real.

Lo valioso de la simulación es que al llevarse a cabo bajo reglas definidas por el usuario, el modelo puede modificarse, adaptarse, sensibilizarse y optimizarse para evaluar todos los resultados posibles de un sistema verdadero. Agregando variables, reglas, parámetros y relaciones, el usuario puede construir un modelo tan realista como su propia comprensión del sistema verdadero se lo permita.

Por lo anterior,

[...] la simulación es quizá la herramienta más versátil para tratar con problemas numéricos complejos, ya que el analista puede “observar” el funcionamiento del sistema a través del tiempo y muestrear sus resultados. Puede experimentar con él, estudiar su funcionamiento mientras cambia los parámetros y reglas de decisión a su voluntad, teniendo además la ventaja de que gracias al uso de la computadora se puede simular el funcionamiento del modelo para un año completo en tan sólo unos minutos (Alcocer, Guerrero, Peniche, Palma y Pérez, 1985: 9).

Métodos y técnicas

Para este trabajo se analizaron y seleccionaron las variables involucradas en el precio de las acciones: variables macroeconómicas, de mercado y corporativas.

El siguiente paso es seleccionar la empresa que se utiliza para la simulación, la cual forma parte de la muestra de empresas que componen el IPC y que sus resultados puedan estar más estrechamente ligados al comportamiento de la economía en general, estableciendo para este efecto criterios que pretenden servir para excluir del modelo a aquellas empresas menos susceptibles a los cambios en la economía.

Por último se construye el modelo involucrando todas las variables seleccionadas y relacionarlas de tal forma que la variación de cada una tenga efecto en las variaciones que de un día a otro sufre del precio de las acciones, sin pasar por alto la naturaleza de las relaciones existentes entre cada variable y el precio.

El diseño de la metodología empleada en esta investigación se realizó de la siguiente manera:

- Enfoque cualitativo: estudio de caso.
- Experimental.
- Longitudinal.

El objetivo es analizar el comportamiento histórico de las variables (a lo largo de dos periodos definidos de 30 y 60 días), y con base en éste establecer una distribución de probabilidad que refleje con veracidad el comportamiento real que cada una de ellas tiene al momento de efectuar la simulación. De esta forma, durante las iteraciones ejecutadas en el proceso, los valores aleatorios generados para cada variable serán reflejo de un comportamiento real reciente.

Selección de las variables involucradas

Para predecir el precio de acciones mediante la Simulación Monte Carlo, el primer paso es definir las variables involucradas; son numerosos los factores que influyen en la fluctuación del precio de venta de una acción, y entre ellos se incluyen el valor de las perspectivas del desempeño futuro de la empresa, la situación económica general, decisiones políticas y el comportamiento del consumo. Morales y Morales (2002) señalan que la actividad económica en general, así como el comportamiento del sector operativo de determinada empresa son factores clave que influyen en el comportamiento de las inversiones de capital. También indican que otras variables, como la inflación, las tasas de interés, el tipo de cambio, las utilidades corporativas y el entorno sociopolítico, así como

muchas otras de diversa índole también tienen incidencia en el comportamiento de los mercados. Ante esta diversidad de factores que influyen en el precio de las acciones se vuelve necesario delimitar las variables a utilizar, de forma que se incluyan las de mayor importancia; para ello se realizó una revisión bibliográfica con investigaciones de distintos autores, buscando los principales factores que influyen en el precio de las acciones; se seleccionaron exclusivamente aquellas variables que en más ocasiones fueron citadas por los autores revisados como factores determinantes, resultando ser los siguientes:

Cuadro 1
Principales factores que afectan el precio de las acciones

Macroeconómicos	Situación económica general (PIB) Inflación Tasas de interés Tipo de cambio Precios del petróleo
Corporativos	Utilidades corporativas Flujos de efectivo Crecimiento de la industria o sector de la empresa
Mercado	Media aritmética de los rendimientos de las acciones

Fuente: elaboración propia con datos de investigaciones diversas.

Es importante señalar que con estas variables el modelo de simulación estará cubriendo los riesgos mencionados previamente (riesgo económico, riesgo sectorial, riesgo empresarial, riesgo del negocio y riesgo del precio de mercado).

Selección de la empresa objeto de la simulación

El siguiente paso es seleccionar la empresa cuyas acciones se intentará predecir. Calvo y Jiménez (2001) señalan que existe una sencilla razón por la cual es más fácil pronosticar acertadamente el precio de una acción que cotiza en la Bolsa de Nueva York, que el de una acción que cotiza en bolsas latinoamericanas: la liquidez. Según ellos, la gran liquidez en los mercados desarrollados (elevada cantidad de participantes e importantes volúmenes de dinero que diariamente cambian de manos) es la característica a tener en cuenta para atreverse a realizar pronósticos del precio de acciones; por esta razón se seleccionó la empresa a simular de entre

las integrantes de la muestra del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la BMV, ya que este indicador contiene a las emisoras de mayor bursatilidad —entiéndase liquidez— en el mercado accionario mexicano.

Las utilidades de las empresas son uno de los factores más importantes que influyen en el precio de las acciones, por lo que se puede decir que, dado que el nivel de ventas de una empresa tiene influencia directa en su nivel de utilidades, tendrá también, como consecuencia, influencia en el precio de sus acciones. Por esta razón, para la selección de la serie accionaria a simular se adoptó la siguiente metodología:

1. Repasar los tipos de bienes según la teoría económica, y la elasticidad de su oferta o demanda ante cambios en la economía.
2. Analizar las empresas que integran el Índice de Precios y Cotizaciones de la BMV y el tipo de bienes que las mismas producen o comercializan, de acuerdo con la clasificación de la teoría económica.
3. Seleccionar las empresas que produzcan o comercialicen aquellos bienes para los que la demanda esperada esté más relacionada con el funcionamiento en general de la economía.

Debido al hecho de que el modelo estará compuesto por variables referentes a la situación económica general del país, se propone seleccionar de entre las empresas que componen la muestra del IPC, a aquella que por la naturaleza del bien que comercializa, sus resultados puedan estar más estrechamente ligados con el comportamiento de la economía. Teniendo en cuenta lo anterior, se hará un análisis de cómo cada empresa es más o menos susceptible de verse afectada en su nivel de ventas (y de utilidades y precio de sus acciones) por la situación económica del país.

Se realizó la selección de la empresa a simular mediante un análisis eminentemente cualitativo, estableciendo una serie de criterios a partir de los cuales se seleccionaron o descartaron empresas atendiendo al grado de afectación de su nivel de ventas y de utilidades debido a cambios en la situación económica del país. Estos criterios pretenden servir para excluir del modelo a aquellas empresas menos susceptibles a los cambios en la economía:

1. No tratarse de sociedades tenedoras o controladoras de otras empresas, ya que la empresa a seleccionar debe ser comercializadora de bienes con el fin

- de que su nivel de ventas dependa de la situación económica y no de los resultados de otras empresas subsidiarias.
2. Tratarse de empresas sin operaciones internacionales preponderantes, con el objeto de que sus ventas e ingresos dependan exclusivamente de la situación del país, y no de la situación de la economía de otras naciones.
 3. No tratarse de empresas prestadoras de servicios, ya que éstos no se ajustan adecuadamente a la clasificación de bienes según la teoría económica.
 4. Produzcan bienes de consumo (son aquellos que se destinan a la satisfacción directa de las necesidades humanas), y no bienes intermedios ni de capital (que son aquellos que se utilizan en la producción de bienes de consumo, ya sean materias primas o maquinarias) (Banco de la República de Colombia, 2006).
 5. Produzcan bienes normales (aquéllos cuya demanda aumenta cuando aumentan los ingresos de los demandantes, manteniéndose todo lo demás constante), y no bienes inferiores (que son aquellos cuya demanda aumenta cuando disminuyen los ingresos de los demandantes (Mankiw, 2002).
 6. Producir bienes duraderos, ya que tienden a presentar un nivel de ventas acorde con la situación económica, a diferencia de los no duraderos, que por su naturaleza tienen un nivel de ventas que depende en menor medida de la situación económica.

Con el fin de utilizar información confiable para la revisión de estos criterios de selección, sin riesgo de que esté sesgada por intereses particulares, ni de las propias empresas ni de terceros, la información necesaria referente a los criterios se obtendrá exclusivamente del sitio web de la BMV, en la sección que la Bolsa dedica a cada empresa emisora.

Tras la revisión de las empresas integrantes del IPC, se obtuvieron cuatro que cumplían con los requisitos establecidos, todas ellas parte del sector inmobiliario, dedicadas a la construcción y comercialización de viviendas, por lo que el criterio final y decisivo utilizado fue el de la liquidez de sus acciones, la cual fue evaluada de acuerdo con las estadísticas de operación de cada una de estas empresas, publicadas en el sitio web de la BMV y que se muestran en el cuadro 2.

En el cuadro 2 se observa que la empresa que cuenta con mayor número de acciones en circulación, así como el mayor volumen operado en una fecha concreta (29 de enero de 2009) es Ara, por lo que, recordando la aseveración de Calvo y Jiménez, “la gran liquidez en los mercados desarrollados (elevada

Cuadro 2
Estadísticas de operación de las empresas candidatas

Ara		Geo	
Cotizaciones		Cotizaciones	
Fecha:	Ene 29 2010	Fecha:	Ene 29 2010
Precio último hecho:	8.41	Precio último hecho:	34.65
PPP:	8.52	PPP:	34.72
Precio anterior:	8.4	Precio anterior:	34.18
Variación:	1	Variación:	1.58
Volumen operado:	3'877,386	Volumen operado:	1'730,581
Máximo:	8.95	Máximo:	35
Mínimo:	8.35	Mínimo:	34.1
Indicadores financieros (12 meses)		Indicadores financieros (12 meses)	
Acciones en circulación:	1,304'993,696	Acciones en circulación:	544'445,650
Homex		Urbi	
Cotizaciones		Cotizaciones	
Fecha:	Ene 29 2010	Fecha:	Ene 29 2010
Precio último hecho:	66.92	Precio último hecho:	27.27
PPP:	66.82	PPP:	27.76
Precio anterior:	67.17	Precio anterior:	28.23
Variación:	-0.52	Variación:	-1.66
Volumen operado:	608,619	Volumen operado:	2'388,339
Máximo:	68.7	Máximo:	28.38
Mínimo:	66	Mínimo:	27.18
Indicadores financieros (12 meses)		Indicadores financieros (12 meses)	
Acciones en circulación:	335'820,050	Acciones en circulación:	976'445,286

Fuente: extracto de datos publicados por la BMV el 29 de enero de 2010.

cantidad de participantes, e importantes volúmenes de dinero que diariamente cambian de manos) es la característica a tener en cuenta para atreverse a realizar pronósticos del precio de acciones”, se seleccionará a Consorcio Ara, S. A. B. de C. V. como la empresa más indicada para simular en el modelo Monte Carlo, pues el tener el mayor número de acciones en circulación y el menor precio entre las cuatro candidatas la hace ser sin duda la de mayor liquidez, como se puede confirmar al observar su mayor volumen operado. Cabe señalar que se utiliza

una sola fecha para este análisis, pues la BMV no publica información histórica sobre estas estadísticas de operación.

Construcción del modelo

Previamente se ha explicado el funcionamiento de la Simulación Monte Carlo: consiste en construir modelos que reflejen sistemas reales que se deseen estudiar, y generar aleatoriamente cientos o miles de iteraciones, en cada una de las cuales se registra el resultado obtenido por el modelo; este resultado desde luego depende del valor que en cada iteración adopten las variables involucradas, cuyo comportamiento está normado por reglas específicas que pretenden representar el comportamiento de las mismas en la vida real. Tras recabar el resultado de cada una de las iteraciones, el evaluador puede conocer el o los resultados de más probable ocurrencia dadas las características del modelo.

Aplicar esta herramienta en la presente investigación requerirá la construcción de un modelo que sea capaz de involucrar todas las variables seleccionadas y relacionarlas de tal forma que la variación de cada una tenga efecto en las variaciones que de un día a otro sufre del precio de las acciones, sin pasar por alto la naturaleza de las relaciones existentes entre cada variable y el precio, es decir, si las relaciones son positivas o negativas. Adicionalmente, se hace necesario que por cada uno de los días del periodo de simulación se genere un valor nuevo para cada variable; no sería factible efectuar la simulación con un único valor para cada variable a lo largo de todo el periodo de simulación, pues con esto las variaciones diarias del precio serían siempre las mismas, y el resultado final sería muy lejano de la realidad, ya que en la práctica la variación de los precios es siempre distinta.

En el modelo, el precio que las acciones adoptarán en cada uno de los días del periodo de simulación dependerá del precio del día anterior y estará en función de los valores aleatorios determinados para cada variable en cada uno de esos días.

Una característica más que se debe considerar es que cada variable debe tener, según su naturaleza y su periodicidad, mayor o menor peso en los cambios de la acción, es decir, se debe dar mayor importancia a aquellas variables que en la práctica tengan más influencia en el precio de las acciones, con el fin de reflejar con mayor realismo las condiciones reales del mercado accionario y lograr que los resultados obtenidos tras la simulación sean más confiables.

En el modelo, el precio correspondiente al último día del periodo de simulación será aquel cuyo valor será registrado en cada iteración, para darle a conocer

al usuario cuál es el precio o precios más probables que la acción tendrá, según las características del modelo, al transcurrir el lapso que se esté simulando.

Con el propósito de que el modelo refleje con la mayor fidelidad el comportamiento real de las variables involucradas, es necesario establecer para cada una las reglas de acuerdo con las cuales se comportarán durante la simulación. La mejor forma de hacer esto, es analizar el comportamiento histórico de estas variables (a lo largo de los periodos definidos en la sección precedente) y, con base en éste, establecer una distribución de probabilidad que refleje con veracidad el comportamiento real que cada una de ellas tuvo en las observaciones más recientes al momento de efectuar la simulación. De esta forma, durante todas las iteraciones ejecutadas en el proceso los valores aleatorios generados para cada variable serán reflejo de un comportamiento real reciente.

Resultados y conclusiones

Tras el proceso de simulación se obtuvieron los precios diarios pronosticados por el modelo en dos periodos, con el fin de compararlos con los precios reales en fechas distintas y en distintos plazos de simulación:

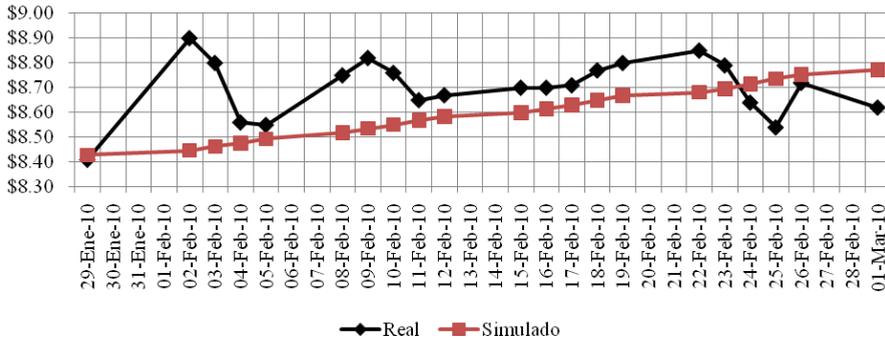
1. Treinta días naturales: del 29 de enero al 1 de marzo de 2010.
2. Sesenta días naturales: del 30 de enero al 31 de marzo de 2009.

En ambas simulaciones el precio obtenido se movió en la misma dirección que el precio real respecto del precio inicial del periodo.

En el caso de la simulación 2010, el precio real se incrementó de \$8.41 a \$8.62, y el precio simulado también incrementó, aunque en mayor cuantía, hasta un valor de \$8.7691. En la gráfica correspondiente se observa la similitud de las tendencias del precio real y el simulado durante el periodo de simulación.

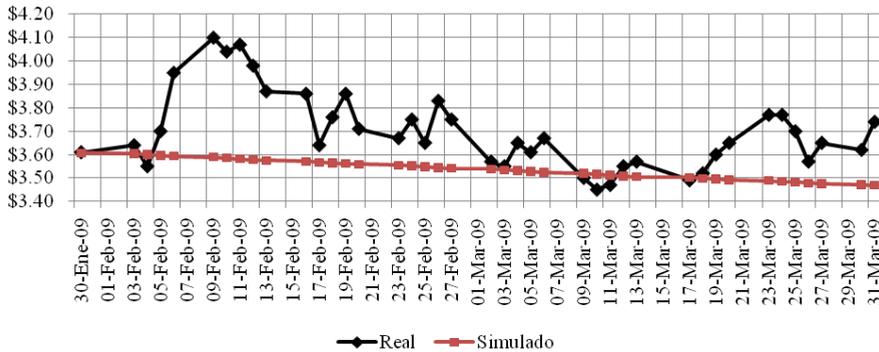
En la simulación 2009, efectuada a lo largo de un periodo de 60 días, se dio una pronunciada elevación del precio real al inicio del periodo; sin embargo, después de este pico inicial la cotización tuvo una tendencia descendente durante 30 días consecutivos, y pasó de \$3.61 iniciales hasta un mínimo de \$3.45 el 10 de marzo; el precio simulado mostró una tendencia similar a la baja, alcanzando un precio de \$3.5162 en la misma fecha. En la gráfica se puede observar, aunque con menos claridad, el movimiento descendente que siguen las líneas tras el pico inicial.

Gráfica 1
Comparativa precios simulados vs. precios reales (29-ene-2010 al 1-mar-2010)



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2
Comparativa precios simulados vs. precios reales (30-ene-2009 al 31-mar-2009)



Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos pueden ser tan alentadores como decepcionantes; por un lado, las gráficas dejan ver que en las pruebas realizadas el modelo fue capaz de indicar en qué dirección se moverán las cotizaciones, pues describió con éxito la tendencia que en general siguió el precio real durante los periodos simulados; sin embargo, es también notorio que de tomarse el precio simulado a una fecha específica, éste puede ser muy lejano al precio real, debido a que este último en su evolución diaria presenta picos y valles que son difíciles de anticipar, tal como el pico inicial en la gráfica 2.

Las características del modelo hacen que este tipo de picos, ocasionados por eventos aislados que modifican temporalmente la conducta de los inversionistas, no puedan ser pronosticados en la simulación, por lo que el modelo pierde parte de su utilidad ante este tipo de sucesos imprevisibles, tales como la ocurrencia de acontecimientos económicos, corporativos, de mercado o incluso políticos.

A pesar de lo anterior, la utilización de los resultados obtenidos puede servir, con la debida prudencia, como base para la toma de decisiones de compra o venta de acciones; en la gráfica 1, por ejemplo, comprar títulos de Consorcio Ara al presentarse una cotización real por debajo de la tendencia pronosticada por el modelo significará obtener acciones que se espera aumenten su valor en el corto plazo, pagando por ellas un precio menor al que, según las estadísticas, cabría pagar. En la gráfica 2 se da el caso contrario: conociendo los pronósticos del modelo, el poseedor de acciones de Consorcio Ara puede decidir vender su participación al elevado precio del pico inicial, sabiendo que la tendencia esperada a corto plazo, según las estadísticas, es a la baja.

Se tiene entonces que, con el modelo construido, y considerando la evolución reciente de las variables económicas, corporativas y de mercado más importantes para el precio de las acciones en general, es posible predecir, si no el precio exacto, por lo menos la tendencia que seguirá el precio de las acciones de Consorcio Ara, S. A. B. de C. V. con un nivel de confianza satisfactorio.

Sin embargo, se debe destacar que únicamente se efectuaron dos ensayos de esta simulación; será necesaria la realización de más pruebas para poder afirmar que el modelo es realmente útil en la predicción de la tendencia de los precios. También debe tenerse en cuenta que fue aplicado a una sola empresa, que además fue seleccionada siguiendo criterios que aseguren que se trata de la más propicia para intentar predecir el precio de sus acciones. Tomando en cuenta lo anterior, la evidencia obtenida sobre la efectividad del modelo no es concluyente, pues no permite afirmar con rigor científico que los resultados del modelo son suficientemente confiables para que puedan servir de base en la toma de decisiones de compra o venta de acciones. En consecuencia, no se está en posición de afirmar que “Se puede predecir el precio futuro de acciones en la Bolsa Mexicana de Valores utilizando la Simulación Monte Carlo”, por lo que no se comprueba la hipótesis de investigación.

En su estado actual, el modelo puede ser una guía para participar en el mercado accionario con títulos de Consorcio Ara, pero esto dependerá del nivel de confiabilidad que subjetivamente le otorgue el inversionista.

La principal desventaja del modelo construido es que, por su naturaleza numérica, no considera en sus pronósticos información cualitativa, la cual circula entre los inversionistas con gran fluidez, afectando sus expectativas y sus decisiones de compra y venta, modificando el precio de las acciones según las leyes de la oferta y la demanda. Para contrarrestar tal desventaja, se puede mejorar el modelo con la inclusión de correlaciones entre las variables, con el objetivo de que los valores aleatorios generados para cada una guarden mayor semejanza con el comportamiento real de las mismas en su entorno. Asimismo, el modelo puede perfeccionarse en la ponderación de las variables, campo en el cual se puede mejorar con base en la experimentación y en el uso de una metodología de prueba y error.

Queda aún mucho trabajo por hacer para tener un modelo verdaderamente útil en la predicción del precio de acciones cotizadas en la BMV que pueda ser aplicado para las acciones de cualquier empresa participante, en vez de para una sola de ellas, además de que deben hacerse aún pruebas exhaustivas que permitan tener confianza en que la tendencia descrita por el modelo será, en la mayoría de los casos, un pronóstico acertado del comportamiento real.

La conclusión final es que en un futuro tal vez no muy lejano, el mercado accionario no tiene por qué seguir siendo un territorio desconocido para aquellos ahorradores que desean tener ganancias sobre su capital. Con el perfeccionamiento de herramientas como la creada en esta investigación, los interesados pueden contribuir a que ahorradores y entidades con recursos financieros superavitarios introduzcan sus excedentes al mercado accionario y ayuden a financiar aquellas actividades comerciales y productivas realizadas por las empresas nacionales, en beneficio de la economía y la población en general.

Referencias bibliográficas

- Alcocer Palma, F., Guerrero Sánchez, A., Peniche Martín, R., Peraza Peraza, G., y Pérez Lugo, A. (1985) *Simulación para evaluar la factibilidad de un proyecto de inversión*, tesis de licenciatura. Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Alonso Bonís, S., Azofra Palenzuela, V., y De la Fuente Herrero, G. (2007) “Las opciones reales y la Simulación de Monte Carlo”, *Universta Business Review*, núm. 16, Madrid, pp. 52-63.
- Asociación Mexicana de Asesores Independientes de Inversiones, A. C. (AMAI) (s/f) Cultura Financiera de AMAI. Recuperado de <http://www.amaii.com.mx/amaii/portal/cfpages/contentmgr.cfm?fuelle=nav&docId=95&docTipo=1>

- Bolsa Mexicana de Valores (2003) *Colocación de acciones: Una fórmula eficaz de financiamiento bursátil para el fortalecimiento de la estructura de capital y financiera de la empresa mexicana, que genera valor y competitividad*. México: BMV.
- (2009) *Nota metodológica del Índice de Precios y Cotizaciones de la BMV*. México: BMV.
- Calvo Espinal, J. C., y Jiménez Méndez, E. R. (2001) “Ondas de Elliot: La clave para obtener excelentes beneficios en el mercado de valores”, *Innovar, Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, núm. 18, pp. 9-20. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) (2008) *¿Qué es el mercado de valores?* Recuperado de http://www.cnbv.gob.mx/noticia.asp?noticia_liga=no&com_id=0&sec_id=3&it_id=4
- Creel Cobián, E. (1980) *Consideraciones sobre el funcionamiento del mercado accionario en México*. México: Escuela Bancaria y Comercial.
- Cruz, E., Restrepo, J., y Medina, P. (2008) “Portafolio de inversión en acciones: Un enfoque estocástico”, *Scientia et Technica*, vol. 15, núm. 39, pp. 235-240. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Díaz Mondragón, M. (2004) *Invierta con éxito en la Bolsa y otros mercados financieros*. México: Gasca Sicco.
- González Salgado, O., y García Nava, J. (2008) *Aprenda a cuidar su dinero. El mundo de las finanzas a su alcance*. México: Grupo Editorial Patria.
- Korn, R., Korn E., Hamacher, H. W., y Schwarze, S. (2004) *Mathematik & Ökonomie*. Kaiserslautern, Alemania: Universidad Técnica de Kaiserslautern/Universum-Verlag.
- Machain, L. (2006) “Generando valor en la toma de decisiones empresariales: Simulación de Montecarlo”, *Análisis Financiero*, núm. 101, pp. 48-55. España: Instituto Español de Analistas Financieros.
- Mankiw, G. (2002) *Principios de economía*, 2ª edición en español. Madrid: McGraw-Hill.
- Morales Castro, A., y Morales Castro, J. (2002) *Respuestas rápidas para los financieros*. México: Prentice Hall.
- Palacios López, L. (2007) *Simulación y optimización del rendimiento futuro de un portafolio de inversión*, tesis de licenciatura. Puebla: Universidad de las Américas.
- Reina, M., Zuluaga, S., y Roza, M. (2006) *El sistema económico*. Bogotá, Colombia: Banco de la República-Departamento de Comunicación Institucional.