

**PREDICTIBILIDAD EN LOS RETORNOS DE LA ACCIÓN DE ECOPETROL:
EVIDENCIA A TRAVÉS DEL EFECTO DÍA**

JENNIFER PAOLA GARCIA SANDOVAL



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
PIEDRECUESTA**

2010

**PREDICTIBILIDAD EN LOS RETORNOS DE LA ACCIÓN DE ECOPETROL:
EVIDENCIA A TRAVÉS DEL EFECTO DÍA**

JENNIFER PAOLA GARCIA SANDOVAL

Proyecto de grado para optar al título de
Ingeniera Industrial

Directora:

Mónica Liliana Chaparro Mantilla

Docente



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
PIEDECUESTA**

2010

A mis padres por su incansable esfuerzo y dedicación

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. PREGUNTA CENTRAL DEL PROYECTO	4
1.2. ALCANCE DEL PROYECTO	4
2. ANTECEDENTES.....	6
2.1. CASO COLOMBIANO	14
3. JUSTIFICACIÓN.....	17
4. OBJETIVOS.....	19
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
5. MARCO TEÓRICO	20
5.1. CAMINATA ALEATORIA	20
5.2. HIPÓTESIS DE MERCADO EFICIENTES (HME).....	23
5.3. ANOMALÍA EFECTO DÍA.....	25
5.4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN.....	29
5.4.1. Modelo de regresión lineal simple	30
5.4.2. Modelo de regresión lineal múltiple	32
5.5. VARIABLES <i>DUMMY</i> EN EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN.....	33
6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	36

6.1. DATOS Y METODOLOGÍA	37
6.2. ESTIMACIÓN DEL EFECTO DÍA	38
6.3. RESULTADOS	40
6.3.1. Análisis estadístico preliminar	40
6.3.2. Estimación mediante regresión lineal.....	42
7. CONCLUSIONES	45
8. RECOMENDACIONES.....	47
9. BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	54

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Prueba de hipótesis.....	39
Cuadro 2: Resumen coeficientes regresión	42
Cuadro 3: Resumen análisis de varianza.....	43
Cuadro 4: Estadísticas de regresión.....	44
Cuadro 5: Ventas Manchitas	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplo caminata aleatoria	21
Figura 2: Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios	31
Figura 3: Resumen variable <i>Dummy</i>	35
Figura 4: Evolución precios de cierre acción de Ecopetrol.	40
Figura 5: Retorno agrupado por días	41
Figura 6: Salida regresión Excel	75
Figura 7: Modelo de regresión simple	77
Figura 8: Análisis de regresión con múltiples variables	78

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: El modelo de Martingala	54
ANEXO B: Serie histórica de precios de la acción de Ecopetrol	57
ANEXO C: Instalación de la opción de Análisis de datos en Excel.....	71
ANEXO D: Interpretación y análisis de resultados de una regresión en Microsoft Excel.	74

GLOSARIO

ACCIÓN: Es un título que le permite a cualquier persona (natural o jurídica), ser propietario de una parte de la empresa emisora del título, convirtiéndolo en accionista de la misma y dándole participación en las utilidades que la compañía genere. Además se obtienen beneficios por la valorización del precio de la acción en las Bolsas y le otorga derechos políticos y económicos en las asambleas de accionistas. 2. Título de propiedad de carácter negociable representativo de una parte proporcional del patrimonio de una sociedad o empresa. Otorga a sus titulares derechos que pueden ser ejercidos colectivamente y/o individualmente. 3. Cada una de las partes en que está dividido el capital suscrito y pagado de una sociedad anónima.

ANOMALÍA DE MERCADO: En el contexto de las finanzas, se refiere a la distorsión de un precio o un índice relacionado principalmente con factores estructurales (competición injusta, carencia de la transparencia de mercado, etcétera). También se refiere a veces a los fenómenos que contradicen la Hipótesis de Mercado Eficiente. Hay anomalías en lo referente a los fundamentales económicos de la equidad, de las reglas comerciales técnicas, y de los acontecimientos económicos del calendario.

ANÁLISIS FUNDAMENTAL: Enfoque de análisis de mercado accionario, en el que se estudian factores relevantes que pueden influir sobre el comportamiento futuro de las utilidades y dividendos de las empresas y, por tanto, del precio de sus acciones. Bajo esta teoría el factor determinante es el valor de la empresa y el precio de la acción siempre se ajustará a dicho valor.

ANÁLISIS TÉCNICO: Enfoque de análisis del mercado accionario, en el que se estudian todos los factores relacionados con la oferta y demanda real de las acciones. Mediante la utilización de gráficos (chartismo) y diferentes indicadores de mercado accionario, se trata de medir el “pulso del mercado” y predecir los movimientos futuros de su precio.

BOLSA DE VALORES: Centro de transacciones debidamente organizado donde los corredores de bolsa negocian acciones y bonos para sus clientes. En las bolsas de valores se transan títulos valores de diversa índole. El libro “curso de introducción a la Bolsa” (Bolsa de Madrid, 1987), acota que una bolsa de valores es un mercado localizado físicamente, a diferencia de otros mercado, donde, a pesar de estar igualmente organizados, las negociaciones se realizan por vía telefónica o informática sin la presencia del pública.

CAMINATA ALETORIA: El camino aleatorio o paseo aleatorio, abreviado en inglés como RW (*Random Walk*), es una formalización matemática de la trayectoria que resulta de hacer sucesivos pasos aleatorios. Los resultados del análisis de la caminata aleatoria han sido aplicados a la computación, la física, la ecología o la economía. En particular en este último campo la teoría del paseo aleatorio de Burton G. Malkiel en su obra “*A Random Walk Down Wall Street*” (Un Paseo Aleatorio Por *Wall Street*) se fundamenta en la hipótesis de los mercados eficientes, desarrollado en tres formas o hipótesis.

CORRELACIÓN: En probabilidad y estadística, la correlación indica la fuerza y la dirección de una relación lineal entre dos variables aleatorias. Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra: si

tenemos dos variables (A y B) existe correlación si al aumentar los valores de A lo hacen también los de B y viceversa. La correlación entre dos variables no implica, por sí misma, ninguna relación de causalidad

EFECTO DÍA: El efecto día, comprende un conjunto de fenómenos consistentes en que en un determinado día se generan, sistemáticamente, rendimientos notablemente más elevados o bajos que el resto de días de la semana. Aunque los efectos estacionales pueden aparecer en cualquier día de la semana, son los lunes y los viernes los días cuando, de existir, se observa con más frecuencia un efecto de este tipo.

HIPÓTESIS DE MERCADO EFICIENTE: Planteada por Fama (1965), afirma que el precio de los activos negociados en los mercados financieros refleja toda la información conocida por los miembros del mercado y todas las creencias de los inversores sobre el futuro. Esta hipótesis implica que no es posible lograr de forma consistente superar los resultados del mercado excepto a través de la suerte o de la información privilegiada. Sugiere también que el flujo futuro de noticias que determinará el precio de las acciones es aleatorio y que no es posible conocerlo por adelantado. La hipótesis de eficiencia de los mercados es una pieza central de la teoría de los mercados eficientes.

IGBC: El índice de la Bolsa de Valores de Colombia es el IGBC, el cual corresponde al indicador bursátil del mercado de acciones, refleja el comportamiento promedio de los precios de las acciones en el mercado, ocasionado por la interacción de las fluctuaciones que por efecto de oferta y demanda sufren los precios de las acciones.

NIVEL DE SIGNIFICACIA: La probabilidad de cometer un error de estimación oscila entre 0 y 1, donde 0 significa que no puede ocurrir y 1 la certeza de que ocurra. Por lo tanto, si el hecho es probable nunca serán exactamente cero, ni tampoco uno. Su cálculo es el objetivo principal del estudio. El análisis estadístico consiste en calcular la probabilidad de cometer este error y esperamos que sea menor al planteado preliminarmente como nivel significancia.

PAPELES DE RENTA VARIABLES: Títulos valores que por sus características sólo permiten conocer la rentabilidad de la inversión en el momento de su redención, dependiendo del desempeño de la entidad emisora entre otras. Ejemplo: acciones.

REGRESIÓN MÍNIMOS CUADRADOS: Es una técnica de análisis numérico en encuadrada dentro de la optimización matemática, en la que, dados un conjunto de pares (o ternas, etc), se intenta encontrar la función que mejor se aproxime a los datos (un "mejor ajuste"), de acuerdo con el criterio de mínimo error cuadrático.

TENDENCIA: En un sentido general, es un patrón de comportamiento de los elementos de un entorno particular durante un período. En términos del análisis técnico, la tendencia es la dirección o rumbo del mercado. Es importante entender que los mercados no se mueven en línea recta en ninguna dirección. Los movimientos en los precios se caracterizan por un movimiento zigzagueante.

WALL STREET: Sector ubicado en la isla de Manhattan, Nueva York, en el cual se encuentra ubicado el principal centro financiero mundial, ya que congrega a los principales bancos, corporaciones financieras, casas de cambio, la Bolsa de Valores de Nueva York y oficinas dedicadas a diferentes actividades financieras.

RESUMEN GENERAL TRABAJO DE GRADO

TITULO: Predictibilidad en los retornos de la acción de Ecopetrol: evidencia a través del efecto día

AUTOR: JENNIFER PAOLA GARCÍA SANDOVAL

TUTOR: MONICA LILIANA CHAPARRO

FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL

Resumen

En el presente trabajo se estudia el nivel de predictibilidad que tiene la acción de Ecopetrol a través del estudio de la anomalía efecto día (*day effect*). El objetivo principal es mostrar que es posible mediante precios históricos encontrar una tendencia en la distribución de los retornos relacionada con el día de la semana.

Para el desarrollo de la investigación, se realiza un análisis estadístico preliminar de la serie de precios de la acción de Ecopetrol, donde los resultados permiten observar que existen ciertas tendencias en la distribución del retorno. Para validar estas hipótesis se utiliza una aproximación lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) el cual supone distribución normal en los retornos. El aporte principal de este trabajo permite concluir que la acción de Ecopetrol no cumple con el supuesto de eficiencia en el sentido débil.

En síntesis, existe suficiente evidencia para afirmar que la acción de Ecopetrol no cumple con el supuesto de la teoría de mercados eficientes por lo menos en el sentido débil. Adicionalmente, metodologías mundialmente reconocidas como el análisis técnico de mercado son válidas para el análisis del comportamiento de la acción de Ecopetrol, dado que dicho mercado no sigue un comportamiento semejante al de una caminata aleatoria.

PALABRAS CLAVES: Ecopetrol, Hipótesis de Mercados Eficientes, efecto día, retornos.

RESUMEN GENERAL TRABAJO DE GRADO

TITLE: Predictability in the returns of Ecopetrol's equity: evidence through day effect anomalous.

AUTHOR: JENNIFER PAOLA GARCÍA SANDOVAL

DIRECTOR: MONICA LILIANA CHAPARRO

FACULTY: INDUSTRIAL ENGINEERING

Summary

In this research we study the level of predictability that is Ecopetrol's equity through the study of the anomaly called day effect. The main objective is to show that it is possible using historical prices to find a trend in the distribution of returns associated with the day of the week.

For the development of research, conducting a preliminary statistical analysis of the price series of the Ecopetrol's equity, where the results allow us to see that there are certain trends in the distribution of returns. To validate these hypotheses, we use a linear approximation by Ordinary Least Squares (OLS) which assumes normal distribution of returns. The main contribution of this research suggests that the action of Ecopetrol's equity does not meet the assumption of efficiency in the weak sense.

Finally, there is enough evidence to say that the equity does not meet the assumption of efficient market theory at least in the weak sense. Additionally, the methodologies used in market technical analysis are valid, since it does not follow a behavior similar to that of a random walk.

KEYWORDS: Ecopetrol, Efficient Markets Hypothesis, day effect, returns.

INTRODUCCIÓN

La predictibilidad en los retornos de las series de tiempo financieras ha sido un tema predominante en los últimos años. De ahí que hoy por hoy exista una amplia literatura sobre el tema. Uno de los supuestos más utilizados en las finanzas es que el comportamiento de dichos retornos se asimile al de una caminata aleatoria, es decir, sean completamente impredecibles.

Una de las investigaciones más sobresalientes es Fama (1965), donde luego de una revisión de los trabajos de mayor reconocimiento de la época, se formalizan todos los conceptos sobre la caminata aleatoria y plantea de una manera estructurada y concreta la Hipótesis de Mercado Eficiente (HME), la cual consiste en que los precios de las acciones reflejan toda la información disponible del mercado. Por lo anterior, recurrir a técnicas de predicción de precios basadas en precios históricos, no son suficientes para predecir precios futuros.

Paralelo a este trabajo surgieron investigaciones que contradecían esta hipótesis, es decir, que existían formas de predecir los precios futuros basados en precios históricos. Así durante años posteriores, la investigación estuvo enfocada a encontrar evidencia tanto a favor como en contra. Respecto a esta última, se le reconoce como anomalías del mercado. En particular, si sistemáticamente es posible determinar alguna relación entre los precios de las series financieras y el año calendario, se dice que el mercado es ineficiente.

Este trabajo muestra que la distribución del retorno de la acción de Ecopetrol tiene patrones de estacionalidad, lo cual sugiere que dicho retorno no sigue una caminata aleatoria y por tanto, no es eficiente. En particular, en esta investigación se encuentra una relación entre la distribución del retorno y el día de la semana, a través de la anomalía conocida como el efecto día.

El presente documento está dividido en ocho capítulos sin incluir esta introducción. El Capítulo 1 contiene el planteamiento del problema y la pregunta central de la investigación. El Capítulo 2 resume los principales aportes de investigaciones previas y contiene la fundamentación teórica existente alrededor del tema de eficiencia de mercado y la anomalía efecto día. El Capítulo 3 justifica la realización del trabajo. El Capítulo 4 presenta los objetivos que se pretenden alcanzar. El Capítulo 5 describe de forma resumida la fundamentación académica y los temas más relevantes relacionados con la investigación. El Capítulo 6 presenta la metodología empleada y su desarrollo, así mismo las consideraciones para su planteamiento. Adicionalmente, los resultados obtenidos y las pruebas empleadas para validar dichos los resultados. El Capítulo 7 las conclusiones obtenidas y por finalmente, el Capítulo 8 plantea algunas orientaciones para futuros trabajos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los mercados financieros es común encontrar algún grado de correlación entre los movimientos en los precios de las acciones y algún día de la semana, es decir, se podría pensar que existen días en donde la probabilidad de obtener beneficios económicos debido al cambio de precios sea significativamente mayor que en otros. Lo anterior es conocido como el **efecto día**.

Dado lo anterior, surge la pregunta acerca de qué tan útiles son los pronósticos de precios en los activos financieros basados en el análisis estadístico de series de tiempo. Al respecto, si fuese probable desarrollar un modelo de pronóstico basado en la serie histórica de precios, sería posible entonces lograr beneficios económicos anticipadamente de los precios futuros e inclusive, que éstos sean muy por encima de los que normalmente ofrece el mercado.

Para el caso colombiano los resultados encontrados sugieren que el mercado accionario no es eficiente, es decir, existen indicios que muestran que es posible conocer de manera anticipada la tendencia que puede tomar los precios en el futuro basados en información histórica. Algunos de estos estudios, toman como referencia el IGBC como indicador del mercado, sin embargo, dado que este índice se calcula basado en la liquidez de los títulos que se negocian, cabe la posibilidad que éste se concentre en pocas acciones y en últimas el índice no sería representativo.

Según los analistas, Ecopetrol desde su llegada a la BVC se ha constituido como el título de renta variable más importante del mercado bursátil Colombiano. En

este orden de ideas, sería interesante observar si al analizar un portafolio constituido solo por esta acción, existen tendencias en el precio asociadas al día de la semana, es decir, si existe un efecto día.

De esta manera, el trabajo de grado a realizar pretende rechazar la teoría por la cual la variación en los precios de los activos financieros es totalmente impredecible y se comporta por ende, mediante un modelo de caminata aleatoria. Esta teoría fue propuesta por Fama (1965) y será ampliada en el capítulo siguiente.

1.1. PREGUNTA CENTRAL DEL PROYECTO

¿Es posible predecir los retornos de la acción de Ecopetrol mediante el análisis de series históricas de precios?¹

1.2. ALCANCE DEL PROYECTO

A través de un modelo de regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), se pretende encontrar evidencia suficiente que demuestre que en la acción de Ecopetrol se presenta el efecto día.

Partiendo de la información existente y las investigaciones realizadas con anterioridad (estado actual del conocimiento) se efectuará una revisión y

¹ La autora aclara que lo que se busca con esta pregunta es determinar sí, mediante al análisis de la serie histórica de precios de la acción de Ecopetrol sea posible encontrar algún tipo de estacionalidad.

ampliación bibliográfica sobre el tema, resaltando y profundizando los aspectos de más importantes.

El desarrollo del trabajo de investigación estará basado en el estudio del efecto día. El análisis de esta anomalía se evidenciará con herramientas de estadística descriptiva e inferencial y posteriormente, un modelo de regresión múltiple con sus respectivas pruebas estadísticas que garantizarán la confiabilidad de los resultados.

Por último, se expondrán los principales resultados obtenidos mediante un documento investigativo el cual será entregado a la universidad.

2. ANTECEDENTES

La Hipótesis de Mercados Eficientes (HME) tiene implicaciones importantes para la actual teoría financiera, esta teoría surge con la tesis de doctorado de Louis Bachelier (1900), llamada “teoría de la especulación”. En este trabajo Bachelier explica el comportamiento de los precios en los mercados financieros utilizando el concepto de movimiento browniano y se obtuvo para ese entonces, la primera formulación de las caminatas aleatorias (*Random Walk*). Dentro de los supuestos más importantes y que hoy por hoy continúan replicándose desde ese entonces, está el hecho que los cambios en los precios eran independientes y que estos a su vez podrían ser representados perfectamente mediante una distribución Gaussiana. Las conclusiones de Bachelier tuvieron que esperar durante largos años para constituirse como piedra angular de la actual teoría financiera moderna.

Solo hasta 1956 Richard Kruizenga, comenzó a aplicar las que hasta ese momento serían las intuiciones de Bachelier para explicar el comportamiento de los cambios en los precios. En ese momento ya existían algunos trabajos que ahondaban en lo que Bachelier había dicho, el trabajo titulado *The Analysis of Economic Time Series Part I: Prices* de M.G. Kendall (1953) fue uno de estos. Kendall encontró que los cambios semanales en precios de una variedad de series financieras no podrían ser pronosticados ya sea por los cambios pasados en las series o por cambios pasados en otras series de precios, para ello utiliza precios semanales para 22 índices del mercado británico (*Actuaries' Index of Industrial Share Prices*), en el período comprendido entre 1928 y 1938. Adicionalmente compara los resultados arrojados por la anterior muestra, con los provenientes de una serie de precios de contado de los mercados de algodón de New York y del *Chicago Wheat Market*, para el período 1883-1934.

La principal conclusión de Kendall (1953), luego de aplicar diferentes tipos de pruebas a los datos, es que los patrones de comportamiento de los precios de los activos no eran tan sistemáticos como se consideraba en la teoría. A su vez reconoce que es posible que algunos inversionistas obtengan retornos extraordinarios, pero ello se debería a factores como el azar, el hecho de tener información privilegiada o la capacidad de actuar muy rápidamente, o también que en ocasiones todos los precios de los activos financieros suban al mismo tiempo, luego no hay posibilidad de error y, finalmente, a que ciertos inversionistas actúan en una escala mayor, lo que les permite reducir los costos de transacción. Sin embargo, reconoce también, que probablemente nada de lo que él diga o demuestre hará “desaparecer” la ilusión de que es posible hacer dinero en los mercados basado en análisis técnico. Esto tal vez pudo haber sido el primer reporte claramente explícito de las propiedades de precios financieros, cuyo estudio daría lugar a la conocida propiedad llamada “eficiencia de mercado”.

Roberts (1959) logra un trabajo similar al de Kendall (1953), esta vez para el mercado norteamericano, para esto toma dos referencias, el índice industrial *Dow Jones* y un grupo de acciones analizadas individualmente. Su principal objetivo es mostrar evidencia empírica sobre el comportamiento de los rendimientos de los activos bursátiles. Para ello compara las series de rendimientos históricos semanales del *Dow Jones*, con las generadas por un modelo aleatorio, al que denomina modelo de probabilidad (*chance model*) y concluye que los precios del mercado presentan un comportamiento aleatorio, en otras palabras, que los rendimientos son estadísticamente independientes y, por lo tanto, las metodologías de análisis técnico usadas por los analistas financieros para intentar predecir los precios futuros, no tienen validez real.

Adicionalmente Osborne (1959) y apoyando los hallazgos de Roberts (1959), presenta un amplio y meticuloso análisis donde llega a la conclusión que no son los precios en valor absoluto sino los cambios logarítmicos en los precios los que son independientes entre sí. Esta situación generó una buena base para que nuevos trabajos aparecieran en años posteriores. La dinámica hasta ese entonces era encontrar qué cambios en los precios de diferentes series cumplían con el supuesto de independencia pero no basado en su diferencia absoluta sino en la logarítmica.

Para los años 60 había una discusión sobre la mesa, por una parte estaban quienes apoyaban los estudios de Bachelier (1900), en torno al comportamiento de los precios de activos financieros encontrando evidencia empírica a favor de las caminatas aleatorias. Por otra parte, los que criticaban dichos estudios y a través de trabajos como Mandelbrot (1963), quien plantea en ese momento la hipótesis en la cual los precios siguen una distribución Paretiana estable, dejan al descubierto la controversia.

Los trabajos presentados hasta ese momento eran buenos pero carecían de rigurosidad técnica, es decir no eran más que simples observaciones de los comportamientos de los retornos sin el respectivo soporte de una teoría económica, al respecto Alexander (1961,1964) muestra que todas estas observaciones no eran suficientes para configurar una caminata aleatoria sin embargo, no pasa de ser eso precisamente, un crítica dado que no desarrolla el tema dejando un sin sabor en los estudiosos.

Finalmente Fama (1965) formaliza todas las discusiones acerca de la caminata aleatoria y otorga su versión de la HME. Fama revisa los hechos estilizados

encontrados hasta entonces, acerca del modelo de caminata aleatoria (Random Walk) y al mismo tiempo complementa revisando las pruebas usadas para verificar dicho modelo en la práctica. Fama (1965) se da a la tarea de probar las dos hipótesis básicas del modelo de caminata aleatoria, los datos usados en este estudio son los precios diarios de las treinta acciones que componen el índice industrial Dow Jones, para un período comprendido entre 1957 y 1962. De estos datos obtiene el precio promedio de las acciones y calcula la variación del logaritmo natural de los precios. Básicamente las hipótesis a probar por Fama son:

- Las variaciones en los precios de las acciones son independientes y
- Que estas variaciones presentan una función de probabilidad determinada.

Para probar la primera hipótesis, recurre a las pruebas de correlación serial, de corridas y filtros de Alexander. Al aplicar dichas pruebas, Fama (1965) encontró que existe evidencia poca o casi nula de dependencia entre los precios de las acciones. Aunque no se descarta el hecho que pueda existir algún grado de dependencia, ésta no es lo suficientemente significativa como para incrementar las posibilidades de ganancias de los inversionistas. Para la segunda, Fama intenta probar si la serie misma sigue una distribución Gaussiana o normal, o si es consistente con la hipótesis de Mandelbrot.

De esta forma, la HME sostiene que un mercado es eficiente cuando los precios de las acciones que se comercian, reflejan plenamente y la más importante, de manera instantánea toda la información considerada como interesante para los inversionistas. En últimas establece que las alzas y caídas de los precios accionarios son totalmente aleatorios y dependen exclusivamente, de toda la

información que se pueda generar a futuro, y asumiendo que no hay fuga de información ni máquinas del tiempo o algo que sugiera que es posible conocer el futuro, se puede concluir que el movimiento de los precios es considerado impredecible.

Según Fama (1965) “la eficiencia de mercado requiere que en el establecimiento de los precios en cualquier tiempo t , el mercado use correctamente la información disponible”

De otra parte, Jensen (1978) dice “un mercado es eficiente con respecto a un conjunto de información dado si es imposible obtener ganancias mediante transacciones basadas en conjunto de información”

Dado los diferentes puntos de vista generados en torno a este tema, la controversia generada se dirime con la definición de tres modalidades de eficiencia de mercado que hoy en día son universalmente aceptadas (al respecto consultar Campbell, Lo y Mackimlay [1997]).

Débil: los precios de los activos financieros reflejan toda la información derivada de sus precios pasados y no es posible determinar sus precios en el futuro. Quiere decir que un inversionista no puede mejorar su capacidad para seleccionar acciones basándose en el conocimiento histórico de los precios, de esta forma tampoco se puede mejorar la habilidad de análisis independientemente del método aplicado.

Semifuerte: los precios de los activos financieros reflejan toda la información de conocimiento público acerca de las empresas emisoras (precios pasados, balances, proyecciones de ganancias, anuncios sobre *split*² de acciones, etc.) y por ello no puede esperarse que los esfuerzos de adquirir y analizar dicha información garanticen tasas y retornos superiores a las normales.

Fuerte: los precios de los activos financieros reflejan absolutamente toda la información relevante de la empresa, inclusive, aquella información considerada como privilegiada toda y por tanto no es posible predecir precios futuros. Esta última definición incluye a las dos primeras.

En 1970, Fama realiza nuevamente una revisión de la teoría existente hasta el momento sobre la eficiencia de los mercados de capitales. Enumera las principales pruebas usadas para las tres clases de eficiencia: débil, semifuerte y fuerte. Concluye que las pruebas utilizadas para probar la existencia de eficiencia débil en un mercado, son las que han dado los mejores resultados, específicamente las pruebas de independencia serial. Sin embargo, casos en los que se encontraron algún grado de dependencia, la baja significancia de la misma no deja entre ver algún tipo de aprovechamiento económico.

En relación con las pruebas de eficiencia semifuerte, Fama cita tanto estudios propios como de otros autores, que muestran evidencia empírica de que anuncios de *splits* y de ganancias de las empresas han sido reflejados en el precio de las

² En los mercados de capitales, un Split es el fraccionamiento de una acción, la proporción más común es 1:2 es decir, por cada acción que existía antes, ahora hay dos nuevas.

acciones, generando indicios de la existencia de esta forma de eficiencia en el mercado.

Respecto a la última, afirma que no hay evidencia suficiente que permita determinar la existencia de una forma fuerte de eficiencia, lo anterior debido por obvias razones a que aún existe monopolio de la información por parte de los conocedores de los mercados, por tanto esta no se refleja oportunamente en el precio de las acciones y les permite finalmente obtener ganancias extraordinarias.

Fundamentados principalmente en los trabajos de Bachelier (1900), Kendall (1953) y Fama (1965) muchos otros han realizado estudios respaldando la tesis. Sin embargo, otros han encontrado fallas a esta postura también. En este sentido, la posibilidad de obtener ganancias del mercado utilizando diversos tipos de estrategias o algún tipo de regla pone en tela de juicio la HME ya que esta afirma que no existe estrategia alguna que sirva para ganarle al mercado. Este tipo de posibilidades con frecuencia se conocen como anomalías y a continuación se hablarán sobre algunas de ellas, teniendo todas como premisa que estas pueden ayudar a predecir precios.

Dentro de las anomalías estudiadas, existen trabajos dedicados a encontrar algún tipo de relación entre los mercados financieros y alguna variable exógena, es así como en los círculos académicos (principalmente en el mercado norte americano) se cuentan el efecto tamaño (Banz [1981], Reinganum [1981] y [1983], Keim [1983], Zuñiga [1993]), el efecto enero (Gulterin y Gulterin [1983], Keim [1983] y [1986], Officer [1975], Reinganum [1983]), efecto fin de mes (Ariel [1987] y Penman [1987]) y efecto fin de semana (Cross [1973], French [1980]).

El efecto fin de semana fue descrito originalmente en el mercado accionario norteamericano por Cross (1973), quien presentó evidencia de retornos negativos durante los días lunes (-0.18%) entre los años 1953 y 1970. French (1980), se centró en buscar explicaciones al efecto, postulando las hipótesis de tiempo calendario y de tiempo de transacción.

Gibbons y Hess (1981) rechazan la hipótesis de igualdad de retornos promedios, postulando como posibles explicaciones la hipótesis de existencia de errores en los datos de los días viernes o lunes y el Efecto de transferencia y pago de las operaciones Bursátiles (o demora en el pago), efecto posteriormente profundizado por Lakonishok-Levi (1982) quienes obtienen una explicación parcial al efecto fin de semana.

Keim-Stambaugh (1984) vinculan el efecto fin de semana con el efecto tamaño de Banz (1981), verificando que si bien el retorno excesivo de los días viernes es superior para las empresas pequeñas que para las grandes, el retorno negativo de los días lunes es uniforme para todos los portafolios. Rogalski (1984) detecta que para el período 1974 a 1984, las empresas pequeñas tienen retornos altos los días lunes del mes de enero, y que durante el ese mes obtienen mayores retornos que las empresas grandes para todos los días de la semana. Smirlock-Starks (1986) presentan resultados coincidentes con los de Rogalski (1984) para el período comprendido entre 1974 y 1983, no así para los períodos anteriores, llegando a plantear la posibilidad que el efecto fin de semana en el mercado norteamericano pierde relevancia a partir de 1974.

Respecto al comportamiento de los rendimientos a lo largo del día, Harris (1986) observa que entre 1981 y 1983 éstos caen en la mañana de los días lunes (a

diferencia de los otros días de la semana), y tienden a subir hacia el cierre de operaciones en todos los días, en particular los viernes. Lakonishok y Maberly (1992) verifican además, durante 1962 y 1986, una marcada preferencia de los inversionistas por realizar ventas los días lunes (debido, entre otros, a la asimilación de información durante el fin de semana y que se espera realizar una venta antes de una compra), comportamiento que puede explicar parcialmente el efecto fin de semana.

Entre los estudios efectuados en mercados diferentes a Estados Unidos, Jaffe-Westerfield (1985) analizan el caso del Reino Unido, Japón, Australia y Canadá para distintos períodos entre 1950 y 1983. Notan que a pesar de los diferentes períodos en el proceso de transferencia, el efecto fin de semana existe en cada uno de ellos, aunque con diferencias respecto al de los EEUU (en el caso de Australia y Japón, el menor retorno negativo se registra los martes y no los lunes, debido posiblemente a la diferencia de horas con el mercado norteamericano). Por otro lado, los autores muestran que el fenómeno estacional de las acciones no es compensado por el del mercado de monedas.

2.1. CASO COLOMBIANO

En la actualidad, no son muchos los estudios sobre caminatas aleatorias y HME sin embargo, existe suficiente evidencia que indica que el mercado accionario colombiano no es eficiente en el sentido débil en la medida que se analizan datos cada vez más recientes. A continuación se muestran los estudios más relevantes obtenidos durante la exploración bibliográfica:

En el trabajo de Harvey y Viscanta (1997), los autores buscan determinar si el mercado de valores colombiano de ese entonces se comportaba de forma

eficiente por lo menos en su forma débil, ahora bien, en el caso tal que los resultados fuesen contrarios entonces la investigación se encaminaría a explicar las causas de la posible correlación serial en los retornos. Para ese entonces se usó como referencia la Bolsa de Valores de Medellín y su índice IBOMED, la serie de estudio estuvo comprendida entre 1987 y 1994.

Los resultados fueron contundentes, los retornos estaban altamente correlacionados, mas en los meses que en los días, además la prueba de corridas dio como conclusión que existía alta predictibilidad en los retornos y adicionalmente la hipótesis nula de independencia fue también rechazada. Todo lo anterior se tradujo en rechazar la hipótesis de eficiencia débil.

Como principal explicación a los resultados obtenidos, el argumento está en que el mercado accionario colombiano presenta bajos niveles de capitalización, pocas compañías cotizando, bajos volúmenes de negociación y sobre todo el hecho que en Colombia cuatro grupos económicos eran los responsables de gran parte de la actividad económica del país.

Como el trabajo anterior, se suman a lista Arango, González y Posada (2002) donde encuentran correlación entre la tasa interbancaria (TIB) y el IBB (índice de la Bolsa de Bogotá), así mismo en Arbeláez, Zuluaga y Guerra (2002) bajo el título “El Mercado de Capitales Colombiano en los Noventa y las Firmas Comisionistas de Bolsa”, quienes mediante un modelo auto regresivo para las series del IBB y el Dow Jones evidencian ineficiencia en el mercado accionario colombiano respecto al norte americano y el trabajo de Maya y Torres (2004), en el cual se analiza comparativamente la correlación serial entre el IBB y el

IBOMED³ durante los últimos diez años de funcionamiento y el IGBC, los resultados al respecto muestran que después de la fusión de las bolsas de Bogotá, Medellín y Cali operó un cambio estructural en el mercado accionario colombiano a partir del año 2001. Aunque este cambio muestra mayores niveles de eficiencia, todavía se presenta algún grado de correlación significativo.

De lo anterior entonces, en Colombia existen los suficientes estudios que dejan entre ver que el mercado accionario colombiano no es eficiente en su forma débil. Sin embargo, dichos estudios analizan el mercado con un índice generalizado (IGBC), esto plantea que cabe la posibilidad que no sea el índice como tal el que presenta ciertos niveles de predictibilidad, sino, que sea un reducido número de acciones o incluso una acción que sea la que presente dichos niveles.

Teniendo en cuenta lo anterior, el trabajo de grado estará encaminado principalmente a documentar basado en un modelo de regresión de MCO, la existencia de algún efecto sobre el retorno histórico promedio de la acción de Ecopetrol asociado al día de la semana. Debido entre otros a la gran importancia que representa dicha acción en el mercado bursátil Colombiano actual.

³ Índice de la Bolsa de Medellín

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, existen trabajos dedicados a encontrar algún tipo de relación entre los mercados financieros y una variable exógena, es así como en los círculos académicos se cuentan desde el efecto tamaño, el efecto enero, pasando por otros muy curiosos como el efecto mundial de futbol (donde los retornos del índice del país anfitrión se disparan durante el mes del mundial) hasta llegar al efecto fin de mes y efecto día. Respecto a este último, el efecto día se puede describir como un comportamiento estacional en los retornos de algún activo financiero, donde el retorno promedio de algún día de la semana es significativamente diferente de los demás.

Es así, como se pretende determinar si la acción de Ecopetrol presenta o no, la anomalía efecto día. Más específicamente, este trabajo pretende cuestionar a través de una regresión lineal múltiple la Hipótesis de Mercados Eficientes (HME) presentada por Fama (1965) donde plantea que en un mercado eficiente, el precio de los activos financieros reflejan toda la información disponible y por tanto, no es posible hacer predicción alguna sobre los precios en el futuro dado que la información nueva que eventualmente pueda conocerse, ya está incorporada en el precio del activo (en este caso la acción). En otras palabras, los precios dependen de la información futura y asumiendo que no hay “fugas” se concluye que, la variación en los precios es completamente aleatoria y en últimas el mejor pronóstico para el precio de mañana es el precio de hoy.

Lo anterior dejaría sin ningún tipo de valor agregado las estrategias de inversión basadas en el análisis técnico, en donde, la formación de precios se considera

directamente relacionada con el análisis de tendencias, modelos de dispersión, soportes y resistencias que son derivados de la observación del analista.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Probar si en los retornos de la acción de Ecopetrol se presenta la anomalía efecto día.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y analizar los resultados más relevantes provenientes de investigaciones previas en cuanto a anomalías relacionadas con el efecto día.
- Construir la ecuación de regresión lineal múltiple de la anomalía efecto día.
- Solucionar dicha ecuación mediante las herramientas de análisis estadístico de Excel.
- Analizar estadísticamente los resultados obtenidos, realizar los contrastes necesarios para validar dichos resultados y obtener las conclusiones al respecto.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. CAMINATA ALEATORIA⁴

Suponga que hay un hombre parado en la esquina de una calle que va orientada en sentido sur-norte. La dirección que tomará este hombre estará determinada por el evento de lanzar una moneda al aire. Así pues, si cae cara, entonces el caminante irá hacia el norte y si cae sello lo hará en sentido sur. Cuando llegue al final de la cuadra repite nuevamente el proceso. La situación puede ser explicada por la siguiente ecuación:

$$Y_t = y_{t-1} + \varepsilon \quad (1)$$

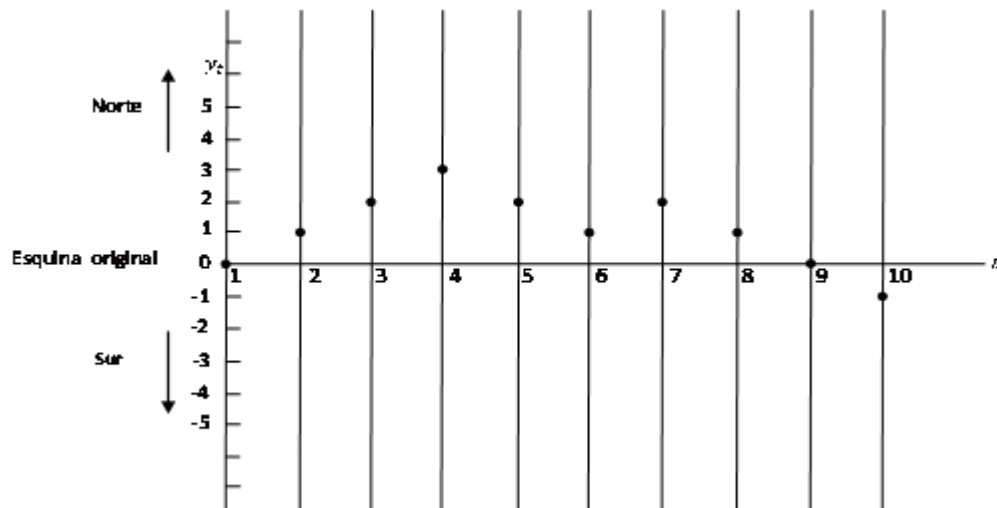
Donde Y_t es la función de posición relativa del caminante respecto al origen y ε está dado por el evento aleatorio de lanzar la moneda al aire. De esta forma cuando el lanzamiento resulte cara (C) entonces $\varepsilon = 1$ con probabilidad de 0,5 y cuando resulte sello (S) $\varepsilon = -1$ con probabilidad de 0,5 siempre y cuando la moneda esté perfectamente balanceada.

Para representar de manera adecuada la situación, se puede considerar la esquina original como cero. Ésta será la primera observación, es decir $y_1 = 0$. Desde este punto se enumerarán las esquinas sucesivas hacia el norte como

⁴ Este ejemplo ha sido adaptado del libro *Introductory Management Science : Decision Modeling With Spreadsheets* Escrito por G. D. Eppen, Jeffrey H Moore, LARRY R AUTOR WEATHERFORD. 5 ed.; (2000)

+1, +2, +3, ... T mientras que, las esquinas sucesivas hacia el sur, se denotarán como $-1, -2, -3, \dots, -T$ si el caminante observa la secuencia C, C, C, S, S, C, S, S, S, seguirá la trayectoria respectiva.

Figura 1: Ejemplo caminata aleatoria



Fuente: Adaptado de Introductory Management Science: Decision Modeling with Spreadsheets.

Ahora suponga que después del noveno lanzamiento, se quisiera saber dónde estará el caminante. Esto es, dado que se han observado los momentos y_1, y_2, \dots, y_{10} y se requiere hacer un pronóstico para el valor y_{11} siguiendo un criterio razonable, el mejor valor de \widehat{y}_{11} es un valor condicional esperado de la cantidad aleatoria. En otras palabras, el mejor pronóstico es el valor esperado de y_{11} , dado que se conoce y_1, y_2, \dots, y_{10} .

A partir de (1), el valor de y_{11} será igual a $y_{10} + 1$ con una probabilidad de 0,5 más $y_{10} - 1$ con una probabilidad de 0,5. Por tanto, la probabilidad que caiga cara más la probabilidad que caiga sello, dados los momentos observados se estima como:

$$E(y_{11} | y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9, y_{10}) = (y_{10} + 1) \frac{1}{2} + (y_{10} - 1) \frac{1}{2} = y_{10}$$

Por lo anterior, los datos y_1, y_2, \dots, y_{10} no tienen efectos y el mejor pronóstico del movimiento que realice en el futuro el caminante aleatorio, es precisamente su posición actual. Es interesante observar que el mejor pronóstico de la siguiente observación y_{12} dado y_1, y_2, \dots, y_{10} es también y_{10} . Generalizando, el mejor pronóstico de cualquier valor futuro de y , dado éste modelo particular, es su valor actual. Lo anterior es muy importante porque el resultado depende en últimas de la hipótesis de que el valor esperado de ε , es decir el componente aleatorio sea cero. Por ejemplo si la probabilidad de que ε valiese 1 fuese 0,6 y la probabilidad de que ε valiese -1 fuese 0,4, el mejor pronóstico y_{t+1} no sería y_t .

El ejemplo anterior, es uno de los clásicos conocidos en la literatura reciente. Sin embargo, cabe destacar que uno de los primeros modelos que dio lugar al concepto de la caminata aleatoria y que a su vez es aplicado al comportamiento de los precios de los activos financieros, es el de Martingala. En el trabajo *The Book of Games of Chance* el matemático Italiano Girólamo Cardano definió la teoría de juego justo como aquel que no deja en desventaja a ninguno de los oponentes. Dicho de otra forma, que no está a favor de ninguno.

Para mayor información sobre el concepto de la caminata aleatoria, la autora recomienda el trabajo de Campbell, Lo y Mackinley (1997) donde se profundiza en

las tres versiones existentes de la caminata aleatoria y el Anexo A donde se encuentra un resumen del modelo de Martingala.

5.2. HIPÓTESIS DE MERCADO EFICIENTES (HME)

Uno de los temas más interesantes en la literatura académica ha sido el concepto de eficiencia de mercado. Aunque el término por si sólo puede dar lugar a diferentes interpretaciones, lo cierto es que cuando se habla de eficiencia de mercado, ésta se relaciona directamente con la eficiencia de los mercados de capital, y en particular al hecho de que los precios de los activos financieros reflejan claramente toda la información disponible.

Teniendo en cuenta que una condición necesaria para decir que los precios reflejan toda la información disponible, es que los costos de adquisición de la información, así como los de negociación, sean cero. Una definición aceptable sería que tanto el costo marginal de obtener la información como el de negociación sean iguales a su ingreso marginal.

La HME se ha subdividido históricamente en tres grandes categorías, donde cada una depende del tipo de información incorporada. En su forma débil los precios de los activos financieros reflejan toda la información derivada de sus precios pasados y no es posible determinar sus precios en el futuro; en la forma semifuerte los precios de los activos financieros reflejan toda la información de conocimiento público acerca de las empresas emisoras; y finalmente en la forma fuerte los precios de los activos financieros reflejan toda la información relevante de la empresa, inclusive, aquella información considerada como privilegiada, y por tanto, no es posible predecir precios futuros. Esta última definición incluye las dos primeras.

La HME ha sido probada en diversos países, donde se ha encontrado evidencia tanto a favor como en contra de la hipótesis. Aunque en la revisión bibliográfica (antecedentes) se citaron algunos estudios relevantes, estos están enfocados netamente en países desarrollados. Por esta razón, en este capítulo se presentarán algunos casos recientes para América latina.

Urrutia (1995), hace un estudio acerca de la eficiencia de los mercados de América latina, tomando como muestra los países de Argentina, Brasil, Chile y México. Los resultados encontrados fueron el no rechazo del modelo de caminata aleatoria. En Ojah y Karemera (1999), los autores a través de las pruebas de razón de varianza y de promedios móviles integrados factorialmente autoregresivo, concluyeron que los mercados de Argentina, Brasil, Chile y México siguen una caminata aleatoria. Sin embargo en Worthington y Higgs (2003), los resultados fueron diferentes al hacer un estudio sobre la eficiencia de los mercados de Argentina, Brasil, Chile, México, Colombia, Venezuela y Perú (una muestra más amplia) encontraron que a través de la técnica de correlación serial y pruebas de corridas, así como las pruebas de razón de varianza múltiple y de raíces unitarias de Dickey y Fuller (1979) aumentada, estos mercados no presentaban las características de las caminatas aleatorias y de ahí que no eran eficientes en su forma débil.

Valdivieso (2004) determinó mediante las pruebas de correlogramas, así como la Box-Pierce, rachas y Ljung y Box (1978), que los retornos del mercado accionario Mexicano presentan un comportamiento aleatorio, es decir eficiente. Guardia (2005) toma las rentabilidades mensuales durante los años comprendidos entre 1990-2005 de los principales índices bursátiles de Argentina, Brasil, Chile, y México y al aplicar las pruebas de correlación serial y Q de Box y Pierce (1970),

concluye que éstos mercados eran eficientes en su forma débil. Estos resultados están en la misma dirección de Urrutia (1995) y Ojah y Karemera (1999).

De esta forma, los resultados muestran posiciones encontradas al respecto. Incluso para una misma muestra de países⁵, así se generan dos corrientes académicas al respecto, una a favor de la HME y otra en contra. Con respecto a esta última, los académicos han encontrado empíricamente ciertos comportamientos en la variación de los retornos de las series financieras, conocidos como anomalías. Aunque existen hoy en día un sin número de anomalías documentadas, dentro de las más destacadas se pueden encontrar aquellas relacionadas con los días de la semana.

5.3. ANOMALÍA EFECTO DÍA

En la literatura reciente se define el retorno -cambio de precios, más los dividendos- durante un día de la semana como la variación de precios desde el cierre de la jornada anterior al cierre de las operaciones de ese día. Usando esta definición, ¿cómo se esperaría que fuesen el retorno esperado del lunes con los de otros días de la semana? La hipótesis más lógica –propuesta por French (1980) y conocida como hipótesis tiempo calendario- es que los precios deben subir un poco más los lunes que otros días porque el tiempo entre el cierre del mercado entre el viernes y lunes son tres días, cuando normalmente es solo uno. En consecuencia, los retornos de los lunes deberían ser tres veces más altos que los de otros días de la semana. Luego este mismo autor ofrece una hipótesis alternativa explicativa, la hipótesis del tiempo de negociación, que establece que

⁵ Lo anterior puede tener una explicación sencilla -aparentemente- y es que aunque se analizan los mismos países, los periodos de evaluación suelen ser diferentes. Además, los mercados están en una dinámica de cambio constante, lo cual revierte tendencias a lo largo del tiempo.

los rendimientos se generan sólo durante la negociación activa e implica que los retornos deben ser los mismos para cada día de negociación.

El primer estudio sobre el efecto fin de semana en los mercados de renta variable fue de MJ Fields (1931). En dicha investigación, Fields estudia el comportamiento de *Wall Street* conforme a la llegada del fin de semana, y pues dada la incertidumbre generada en torno al fin de semana, los agentes prefieren cerrar posiciones, pues si ocurre algo durante el fin de semana, deberán esperar hasta el lunes para reajustar dichas posiciones.

Fields (1931) examinó el patrón del índice industrial *Dow Jones* para el período 1915-1930 para ver si ese comportamiento tradicional era cierto. Para el análisis compara el precio de cierre del DJIA para el sábado con la media de los precios de cierre del viernes y el lunes adyacentes.

Encuentra, en efecto, que los precios tienden a subir los sábados, pues para 717 de los fines de semana estudiados, el precio viernes-sábado fue US \$0.10 más alto que el precio viernes-lunes el 52% de las veces, mientras que fue inferior sólo el 36%.

El siguiente trabajo acerca del efecto fin de semana aparece casi 40 años después. Frank Cross (1973) estudia los retornos del índice *S&P 500*⁶ durante el periodo 1953-1977. Encuentra que éste sube en el 62% de los viernes, pero sólo el 39,5% de los lunes. Adicionalmente, el retorno promedio de los viernes es de

⁶ *Standard & Poors 500*.

0,12%, mientras que el de los lunes es -0,18%. Cross (1973) menciona que la probabilidad de que una diferencia tan amplia ocurra por casualidad es menos de una en un millón.

Kenneth French (1980) también utiliza el índice *S&P 500* para estudiar los retornos diarios y obtiene resultados similares. Con datos entre 1953 y 1977 encuentra que el retorno promedio de los lunes es negativo para todo el período (media = -0,168%, estadístico $t = -6,8$). Mientras que para los demás días de la semana es positivo, en particular los miércoles y viernes son los más altos. French (1980) entonces plantea que la rentabilidad negativa puede que se deba a que el lunes viene seguido de un día festivo, en este caso domingo. Para probarlo, toma todos los días siguientes a un festivo norteamericano y realiza el mismo análisis. Para su sorpresa, encuentra que los rendimientos de los días miércoles, jueves y viernes seguidos de feriado son más altos de lo normal, comparado con lo que ocurre para el lunes y martes (como era de esperarse). En conclusión, French (1980) sugiere que hay algo especial acerca de los fines de semana, en oposición a los cierres de mercado general.

Los autores mencionados estudian las variaciones entre el precio de cierre de los viernes y el precio de cierre de los lunes, lo que deja abierta la posibilidad de caída de los precios durante el transcurso de los lunes, o entre el cierre del viernes y la apertura del lunes. Este hecho es investigado por Richard Rogalski (1984). Quien obtiene los precios de apertura y de cierre del *DJIA* para el período 1974-1984 y para el *S&P 500*, durante el periodo comprendido entre 1979 y 1984. El autor encuentra que los precios suben el lunes de la apertura hasta su cierre, y que los resultados son negativos entre el cierre del mercado del viernes y la apertura del lunes. Así, el efecto lunes se convierte en otra forma del efecto fin de semana. Adicionalmente, encuentra que los fines de semana en enero son diferentes de

otros meses, porque durante enero, los retornos de toda la semana son positivos. En vista a los resultados Rogalski (1984) encuentra que los retornos de enero también están relacionados con el tamaño de la empresa de la siguiente manera: las empresas más pequeñas tienen los mayores rendimientos los lunes y a su vez, estos rendimientos son los más altos de la semana.

Si los fines de semana son días “malos” en los mercados de renta variable, ¿qué otro tipo de activos presentan comportamientos similares? Gibbons y Hess (1981) examinan los retornos de los *Treasuries*⁷ encontrando que los del lunes son significativamente menores que los de otros días. También investigan sobre posibles explicaciones del efecto fin de semana para los títulos de renta variable.

Dentro de los estudios encontrados, se destacan los que analizan los periodos de liquidación también conocido como el efecto de transferencia y pago de operaciones bursátiles⁸. Entre 1962 y 1968, el período de liquidación era de cuatro días hábiles, en ese periodo, los inversionistas vendían sus acciones los lunes y recibían su pago en cuatro días, mientras que los que vendían en los demás días, recibían su pago en seis⁹. En la actualidad el efecto transferencia no es una explicación válida, además Gibbons y Hess (1981) muestran que, incluso antes de

⁷ Bonos del Tesoro americano.

⁸ El efecto de demora en la transferencia y cancelación de las operaciones bursátiles (*effect of settlement and clearing delays*) se genera porque las operaciones no se realizan en forma inmediata: en el mercado de valores no se transan precios al contado (*spot*) sino a futuro (*forward*), llevando éstos incluida la rentabilidad por la cantidad de días útiles que implican la materialización real de la operación.

⁹ Actualmente, la duración del período de liquidación ha disminuido considerablemente debido a los grandes cambios tecnológicos. En Colombia, en promedio las operaciones del mercado bursátil se hacen efectivas entre dos y tres días hábiles.

1968 los diferentes períodos de liquidación no pueden explicar el efecto fin de semana.

5.4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

El análisis de regresión pertenece a la categoría de modelos estructurales o causales, ya que está relacionado con el estudio de la dependencia de una variable dependiente Y con una o más variables independientes $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ con el objeto de estimar o predecir el valor promedio de la variable dependiente en términos de los valores conocidos de la o las variables independientes.

A pesar de que el análisis de regresión estudia la dependencia de una variable con otras, esta dependencia no sirve para derivar la causalidad. La idea de causalidad debe provenir de teorías externas o de consideraciones que nada tienen que ver con la estadística, como puede ser el sentido común o la experiencia, ya que la relación estadística que pueda mostrar el modelo, independientemente de qué tan fuerte o débil sea, no sirve para establecer una conexión de causa-efecto entre las variables del análisis.

Teniendo ya conocimiento de la causalidad entre las variables, es posible ensayar el ajuste de un modelo estadístico de regresión que se adapte mejor a las n observaciones. Si el caso de estudio involucra una sola variable independiente para pronosticar la variable dependiente, estamos en el caso de análisis de regresión simple, también conocido como análisis de 2 variables o simplemente análisis de regresión. Por el contrario, si se está estudiando la dependencia de una variable con más de una variable de predicción, el análisis se conoce con el nombre de análisis de regresión múltiple.

El término “Lineal” se agrega al nombre del modelo, ya que el tipo de “ajuste” entre las variables es de la forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + u$$

β_0 es el término poblacional que corresponde al intercepto y representa el valor que tomaría la variable dependiente Y , si todas las variables independientes asumieran el valor de cero. Por ejemplo, si Y fueran las ventas de un producto y X_1 el porcentaje descuento por volumen de compra, β_0 representaría la estimación en las ventas cuando no se dieran descuentos por volumen.

Los parámetros poblacionales $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$ son llamados coeficientes de pendiente asociados con las variables independientes $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ respectivamente y cada uno representa el cambio en la variable dependiente Y , por una unidad de cambio en la variable independiente asociada a cada coeficiente, todo lo demás constante. Por último, u es término de error poblacional el cual contiene información de todas las variables que pueden afectar a Y , pero que no fueron incluidas explícitamente en el modelo de regresión, ya sea por la poca influencia individual que ejercen sobre la variable independiente, por falta de información de dichas variables o simplemente por desconocimiento de cuáles pueden ser esas otras variables.

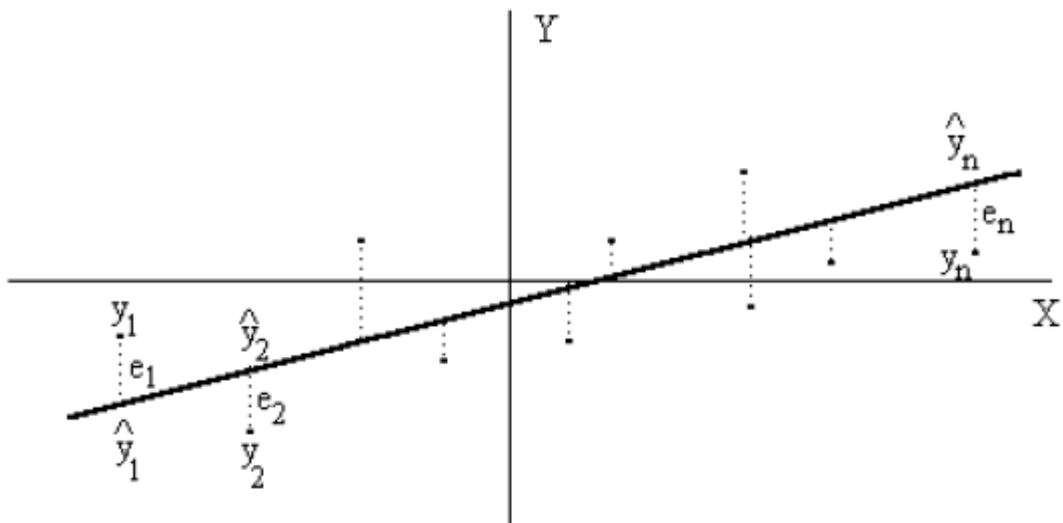
5.4.1. Modelo de regresión lineal simple

Como se mencionó anteriormente, el caso de regresión lineal simple involucra sólo una variable independiente X , para estimar los valores de la variable dependiente Y .

Existen varios métodos para la estimación de los parámetros del modelo poblacional β_0 y β_1 pero uno de los más utilizados es el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) que consiste en minimizar la suma de cuadrados del término de error muestral e_i , esto es:

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n ((Y_i - \hat{Y}_i)^2)$$

Figura 2: Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios



Fuente: Elaboración propia.

Bajo este criterio, los estimadores de los parámetros β_0 y β_1 que se denotan como b_0 y b_1 , que logran minimizar la suma de cuadrado de los errores se obtienen de la siguiente manera:

$$b_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i * \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

Utilizando el modelo, se tiene que para un valor dado X_i , su valor correspondiente Y_i se estima mediante la ecuación de línea de regresión muestral:

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i$$

5.4.2. Modelo de regresión lineal múltiple

El modelo de regresión lineal múltiple, es una extensión del modelo simple, por el hecho de involucrar dos o más variables de predicción. Simbólicamente el modelo es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u$$

En análisis de regresión lineal múltiple, las variables independientes están relacionadas de forma lineal con la variable dependiente; esto es, presentar coeficientes de correlación, en valor absoluto, relativamente altos. Por otro lado, las variables independientes o de predicción no deben tener una relación entre sí, ya que si esto sucede, explicarán la misma variación de la variable dependiente, y la incorporación de más variables al modelo, no mejorará el pronóstico, además

de que la estimación de los parámetros poblacionales no resultará confiable. Por último, la varianza del error debe ser constante y no hay correlación entre los errores poblacionales.

5.5. VARIABLES *DUMMY* EN EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Una variable ficticia (también llamada variable binaria o *dummy*) es una variable artificial construida por el analista que usualmente toma valores 1 ó 0 y que tiene distintas utilidades en un modelo:

- A veces, se dispone de información cualitativa acerca de un conjunto de individuos, que sólo puede representarse a través de *dummies*. Por ejemplo, el sexo, la raza o el nivel de estudios de un individuo son características del mismo que requieren del uso de este tipo de variables.
- Para llevar a cabo algunos contrastes de hipótesis, en particular, los llamados contrastes de cambio estructural.
- Para introducir en el modelo econométrico efectos temporales, como por ejemplo el concepto de la estacionalidad.

Para entender mejor lo anteriormente expuesto, considere el siguiente ejemplo: el salario de un empleado (i) de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) sede Bucaramanga se estima en términos generales mediante la función

$$\text{Salario}_i = \beta_1 + \beta_2 \text{Experiencia}_i + u_i$$

De este modelo se quiere responder la siguiente pregunta:

-¿Existe discriminación salarial entre hombres y mujeres?

Una forma sencilla sería plantear dos modelos independientes, uno para hombres y otro para mujeres. Esto es.

$$\text{Hombres: } \text{Salario}_i = \beta_{1H} + \beta_{2H}\text{Experiencia}_{iH} + u_{iH}$$

$$\text{Mujeres: } \text{Salario}_i = \beta_{1M} + \beta_{2M}\text{Experiencia}_{iM} + u_{iM}$$

De esta manera, los dos modelos junto con el inicial están en la capacidad de responder el cuestionamiento planteado anteriormente. Sin embargo, éstos se pueden integrar en uno solo mediante el uso de variables *dummy*. En este caso se introduciría una variable cualitativa (género) con dos categorías (hombre o mujer)

$$DG_i = \begin{cases} 1 & \text{si el individuo es hombre;} \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

De esta manera, el modelo final que incluye los tres modelos es:

$$\text{Salario}_i = \beta_1 + \beta_2\text{Experiencia} + \beta_3DG_i + \beta_4(\text{Experiencia} * DG_i) + u_i$$

De la ecuación anterior, se puede obtener el salario esperado (medio) de un hombre y el de una mujer así:

- El salario esperado para un hombre es ($DG_1 = 1$)

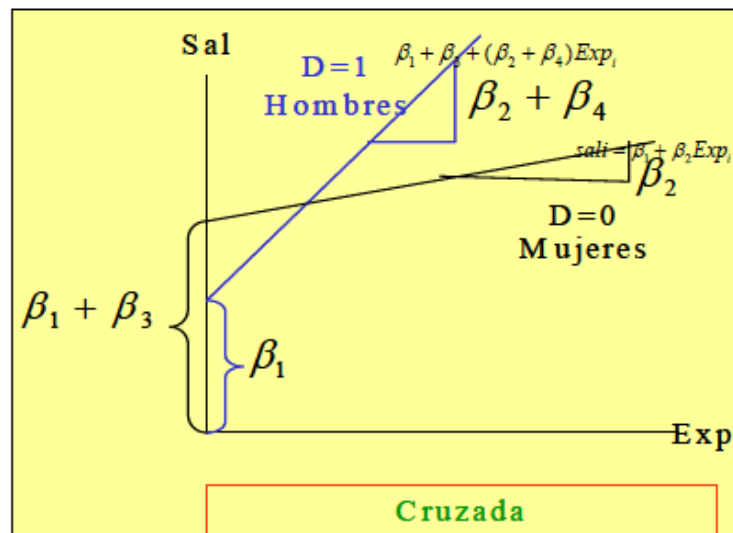
$$E[\text{salario}_i | DG = 1] = \beta_1 + \beta_3 + (\beta_2 + \beta_4)\text{experiencia}_i$$

- El salario esperado para una mujer es ($DG_1 = 0$)

$$E[\text{salario}_i | DG = 0] = \beta_1 + \beta_2\text{experiencia}_i$$

Finalmente, con el fin de responder la pregunta inicial sobre si existe discriminación salarial entre hombre y mujeres, la siguiente figura presenta los dos modelos de asignación de salario. La autora aclara que este ejemplo hipotético es con fines meramente académicos y que en ningún momento pretende cuestionar la asignación de los salarios en la institución educativa.

Figura 3: Resumen variable *Dummy*



Fuente: Elaboración propia

6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio se enmarca dentro de la investigación aplicada, debido a que su propósito es ampliar el conocimiento existente sobre la eficiencia de una de las acciones más representativas del mercado de valores colombiano, evaluando de qué forma este conocimiento puede emplearse como herramienta clave en la toma de decisiones de inversión en renta variable. La investigación se realizó de acuerdo con las etapas propuestas en el anteproyecto, razón por la cual los capítulos iniciales contienen la justificación, la definición del problema y los objetivos tanto generales como específicos que se pretenden alcanzar.

Para el cumplimiento del primer objetivo, se recopilaron los conceptos y resultados de investigaciones previas en el tema de eficiencia de mercado y efectos estacionales. Inicialmente, se efectuó una revisión bibliográfica, lo cual permitió revisar los resultados documentados que existen para el caso colombiano.

Posteriormente, se amplió la revisión bibliográfica mediante la búsqueda de artículos publicados en revistas científicas especializadas en temas de economía y finanzas que trataran el tema de eficiencia y anomalías de los mercados. La exploración se realizó a través de los recursos electrónicos disponibles en la Biblioteca Luis Ángel Arango: bases de datos, revistas y libros electrónicos. Inicialmente, se buscaron los artículos que referenciaran los temas de interés desde el año 1890 hasta la actualidad en las bases de datos BD ProQuest y JSTOR así como en el portal de internet Scholar Google. Después, este tipo de búsqueda se complementó con los trabajos referenciados en los artículos encontrados en la etapa inicial, los cuales se ubicaron mediante el acceso directo

a la revista en la que fueron publicados a través del ingreso a bases de datos como Elsevier, Springer y Science Direct. Entre las principales revistas consultadas se encuentran: Journal of Financial Economics, Journal of Business, Journal of Finance, Latin America Business Review, International Economics Review, Journal of the Royal Statistics entre otros.

Adicionalmente, se complementó lo anterior mediante la construcción de un marco teórico presentado en el Capítulo 5, donde se consideraron los principales aspectos teóricos que explican las bases del tema central.

Basado en lo anterior, la siguiente etapa consistió en formular el diseño empírico para analizar adecuadamente el problema de investigación.

6.1. DATOS Y METODOLOGÍA

Para determinar si la acción de Ecopetrol presenta algún tipo de estacionalidad en la distribución de sus retornos, se prueba a través de diferentes herramientas estadísticas propuestas en el trabajo de French (1980) si hay evidencia del efecto día, es decir, si los retornos son significativamente diferentes según el día de la semana. Para probar esto, se emplea un análisis estadístico preliminar en donde se muestra que la distribución del retorno de la acción de Ecopetrol no se comporta igual a lo largo de la semana. Adicionalmente, se realiza un análisis de regresión lineal para evidenciar si existen efectos calendario asociados a un día de la semana. Por último y para determinar que tan significativos son los coeficientes de la regresión, se aplica la prueba t para comprobar si por lo menos algún coeficiente es significativamente diferente de cero, y la prueba F para determinar si los coeficientes en conjunto son diferentes de cero.

El periodo de análisis inicial corresponde al valor de cierre diario de la acción de Ecopetrol entre el 28 de noviembre de 2007 y el 05 de mayo de 2010, para un total de 592 observaciones. Los datos fueron tomados de la página de internet de la Bolsa de valores de Colombia¹⁰.

De la serie de la acción de Ecopetrol se obtuvieron los retornos compuestos continuamente, definidos como:

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) * 100$$

donde R_t es el retorno del índice en t y P_t representa el nivel de precios en el mismo periodo.

6.2. ESTIMACIÓN DEL EFECTO DÍA

Para determinar si el día de la semana afecta significativamente el retorno de la acción de Ecopetrol, se realiza mediante Mínimos Cuadrados Ordinario (MCO) la siguiente estimación:

¹⁰ En el Anexo B se encuentra la serie diaria de precios histórica.

$$R_t = \alpha + \beta_2 D_{2t} + \beta_3 D_{3t} + \beta_4 D_{4t} + \beta_5 D_{5t} + \varepsilon_t \quad (2)$$

donde R_t es el retorno logarítmico del índice, D_{it} representa las variables *dummy* que indican el día de la semana i en el cual la observación fue tomada: D_{2t} denota martes, D_{3t} miércoles, D_{4t} jueves y D_{5t} viernes. El retorno esperado para el día lunes es representado por α , y los coeficientes de β_2 a β_5 representan la diferencia entre el retorno esperado para el día lunes y el de los demás días de la semana.

Si no existiera la anomalía efecto día en los retornos de la acción de Ecopetrol, todos los coeficientes asociados a cada día de la semana deberían ser estadísticamente iguales a cero. Así, la hipótesis nula a probar es:

Cuadro 1: Prueba de hipótesis

H_0 :	El retorno promedio diario de la acción de Ecopetrol no es afectado por el día de la semana.
H_0 :	$\beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$

Fuente: Elaboración propia.

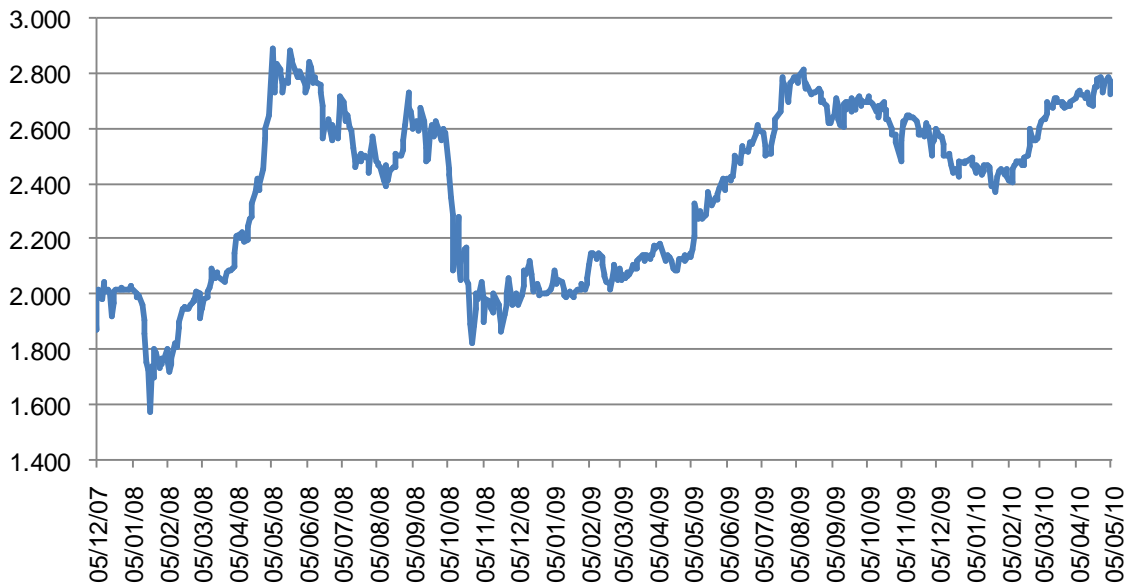
De esta manera, se espera que los coeficientes β_2 a β_5 sean cero; es decir, ningún día influye significativamente en los retornos la acción. Adicionalmente, la prueba F de significancia conjunta no debe ser rechazada.

6.3. RESULTADOS

6.3.1. Análisis estadístico preliminar

Para realizar un correcto análisis estadístico de la información, es necesario recurrir a herramientas de análisis descriptivo, las cuales permitirán observar algún grado de tendencia o correlación presentes en la serie de tiempo. Inicialmente, se graficaron los precios de cierre de la acción de Ecopetrol desde su inicio hasta la fecha de corte para efectos del trabajo.

Figura 4: Evolución precios de cierre acción de Ecopetrol.

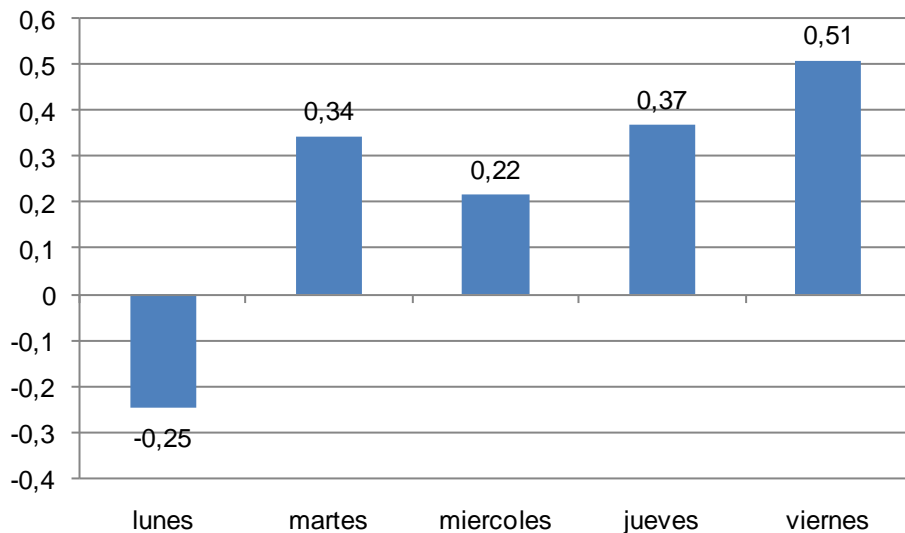


Fuente: Cálculos de la autora.

De la figura anterior, se puede observar que la acción de Ecopetrol ha presentado una tendencia creciente a lo largo de su historia. Sin embargo, no es posible conocer con claridad si existen ciclos en la serie de tiempo.

Para determinar si la acción de Ecopetrol presenta alguna secuencia en sus retornos a lo largo del tiempo, al separar los retornos y agruparlos por días, los resultados muestran que hay una tendencia a lo largo de la semana. Esto es:

Figura 5: Retorno agrupado por días



Fuente: Cálculos de la autora.

En términos estadísticos, se puede apreciar que el lunes es el día con menor retorno promedio, a su vez, se observa una tendencia creciente a lo largo de la semana mostrando el viernes como el día con mayor retorno promedio. Así, inicialmente esto supone que el mejor día para invertir (comprar) en la acción de Ecopetrol es el lunes y el mejor día para liquidar dichas inversiones (vender) es el viernes. Lo anterior, debido a que en estos días se encuentra tanto el menor como el mayor retorno promedio.

De esta manera, la evidencia encontrada hasta este punto, muestra que existe predictibilidad en los retornos de la acción de Ecopetrol a lo largo de la semana, es

decir, existen días con diferencias aparentemente significativas en el promedio de sus retornos. Finalmente, estos resultados se deben validar a través de herramientas de estadística inferencial.

6.3.2. Estimación mediante regresión lineal

Empleando el análisis de regresión utilizado en French (1980) los resultados permiten confirmar la intuición del análisis estadístico preliminar. Es decir, existe por lo menos un día de la semana que estadísticamente es diferente al resto. Para obtener estos resultados se empleó la herramienta estadística “análisis de datos” de Microsoft Excel (para mayor información sobre cómo instalar esta herramienta e interpretar los resultados los mostrados, ver los Anexos C y D). Esto es:

Cuadro 2: Resumen coeficientes regresión

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Lunes	-0,247685903	0,18180881	-1,362342685	0,173612251	-0,604760851	0,109389046
Martes	0,344653356	0,245447324	1,404184613	0,160792744	-0,13740849	0,826715202
Miercoles	0,215694301	0,244566561	0,881945189	0,378167444	-0,264637713	0,696026315
Jueves	0,368244006	0,247286717	1,48913783	0,136988131	-0,117430433	0,853918444
Viernes	0,51027783	0,247286717	2,063506828	0,039503548	0,024603392	0,995952268

Fuente: Cálculos de la autora.

Del cuadro anterior, se observa un resumen de la información estadística necesaria para determinar qué tan significativos son los coeficientes asociados a los días de la semana. La prueba t empleada muestra con un 5% de significancia el coeficiente asociado al viernes es significativamente diferente de cero. No obstante, los demás coeficientes no lo son.

Adicionalmente, y para dar mayor robustez al resultado anterior se emplea el análisis de varianza donde se encuentra que la prueba F de significancia conjunta

es rechazada, es decir, existe por lo menos un coeficiente que es significativamente de cero. Esto es:

Cuadro 3: Resumen análisis de varianza

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	4	16,17901664	4,044754159	1,199670855	0,309825658
Residuos	587	1979,101753	3,371553242		
Total	591	1995,280769			

Fuente: Cálculos de la autora.

De esta manera, el modelo de regresión múltiple para la acción de Ecopetrol reemplazando la información del Cuadro 2 es:

$$R_t = -0,24 + 0,34_2 D_{2t} + 0,21_3 D_{3t} + 0,36_4 D_{4t} + 0,51_5 D_{5t} + \varepsilon_t$$

Para el caso particular del viernes ($D_{5t}=1$) que es el único coeficiente estadísticamente diferente de cero, reemplazando las variables *dummy* se tiene

$$R_t = -0,24 + 0,34_2 * 0 + 0,21_3 * 0 + 0,36_4 * 0 + 0,51_5 * 1 + \varepsilon_t$$

$$R_t = -0,24 + 0,51_5 * 1 + \varepsilon_t$$

Donde R_t es el retorno esperado para el día viernes y 0,51 (β_5) es el efecto común que la variable *dummy* capturó para el conjunto de datos asociados a ese día, el error ε_t es la diferencia entre el dato estimado y dato real el cual se distribuye normalmente. Es importante aclarar que la autora no pretende mediante este modelo de regresión múltiple explicar la variabilidad de los retornos asociados a

cada día de la semana, lo que busca es determinar la relación que existe entre éstos y los días de la semana.

Finalmente, se presentan las estadísticas de regresión (Cuadro 4) donde según lo anterior, el valor del coeficiente de determinación (R^2) no es relevante dado que el modelo lineal no pretende explicar la fuente del retorno (variabilidad), sino cómo incide el día de la semana en el mismo.

Cuadro 4: Estadísticas de regresión

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,090047996
Coeficiente de determinación R^2	0,008108642
R^2 ajustado	0,001349586
Error típico	1,836178979
Observaciones	592

Fuente: Cálculos de la autora.

7. CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra evidencia a favor de la existencia de predictibilidad en los retornos de la acción de Ecopetrol a través de la anomalía efecto día.

Investigaciones anteriores aplicadas en diferentes mercados muestran que existen anomalías relacionadas con efectos calendario. Sin embargo, para el caso colombiano los trabajos se encuentran enfocados principalmente al estudio de los índices locales. Así, este trabajo pretende dar una visión particular sobre el efecto día en la acción de Ecopetrol, uno de los activos financieros más importantes del mercado de valores colombiano.

Para el estudio, inicialmente se lleva a cabo un análisis estadístico donde los resultados permiten observar ciertas tendencias en las distribuciones del retorno. En particular, la información muestra que el retorno promedio de los días martes, miércoles, jueves y viernes es positivo, y para este último día alcanza el valor promedio más alto. A su vez, los resultados muestran que el retorno promedio del lunes es negativo.

Respecto al retorno negativo del lunes, y basado en la metodología de French (1980), los resultados confirman que el retorno promedio difiere según el día de la semana. Esto corrobora las intuiciones del análisis estadístico. Adicionalmente, mediante un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) se confirman los hallazgos. Los resultados muestran que los coeficientes en conjunto son significativamente diferentes de cero. Por lo que el día de la semana sí influye significativamente en el retorno promedio.

En síntesis, existe suficiente evidencia para afirmar que la acción de Ecopetrol no cumple con el supuesto de la teoría de mercados eficientes por lo menos en el sentido débil. Adicionalmente, metodologías mundialmente reconocidas como el análisis técnico de mercado son válidas para el análisis del comportamiento de la acción de Ecopetrol, dado que dicho mercado no sigue un comportamiento semejante al de una caminata aleatoria.

8. RECOMENDACIONES

Basado en el alcance propuesto, es importante reconocer que todos los trabajos son susceptibles de mejora, de hecho, este es uno de los principios fundamentales de la investigación aplicada. Debido a que durante el desarrollo de un trabajo de grado de este tipo surgen nuevas ideas que no están planteadas en el objetivo inicial, pero que serían de gran utilidad y base para futuros trabajos relacionados, la autora pone a consideración las siguientes recomendaciones:

Posibles explicaciones de las anomalías: Hallar explicaciones a este efecto sería un gran aporte a la literatura y un complemento de este trabajo en la medida que no solo se conoce y se puede sustentar académicamente la existencia de esta, si no que sea posible determinar el porqué del hecho. Esto serviría de herramienta de juicio para la toma de decisiones por parte de los operadores de mercado.

Ejercicio práctico: la intuición de comprar los lunes para vender los viernes se puede materializar en un ejercicio de simulación que incluya otras variables relacionadas con la operativa del mercado de valores (costos de transacción, comisiones, demora en los pagos, etcétera), sea posible cuantificar los beneficios económicos.

9. BIBLIOGRAFÍA

Alexander S. (1961): Price Movements in Speculative Markets: Trends or Random Walks. *Industrial Management Review*, Vol. 2, p. 7-26.

Alexander S. (1964): Price Movements in Speculative Markets: Trends or Random Walks, No.2: P. Cootner (ed.), *The Random Character of Stock Market Prices*. Cambridge, MA: MIT Press.

Arango L., González A. y Posada E. (2002): Returns and the Interest Rate: A Nonlinear Relationship in the Bogotá Stock Market, Banco de la República, *Borradores de Economía*, No. 169. Bogotá

Arbeláez M., Zuluaga S. y Guerra M. (2002): El Mercado de Capitales Colombiano en los Noventa y las Firmas Comisionistas de Bolsa. Fedesarrollo. Santa Fe de Bogotá: Alfaomega. p. 17-28.

Ariel R. (1987): A Monthly Effect in Stock Returns. *Journal Financial Economics* 18, p. 161-174.

Bachelier L. (1900): Théorie de la spéculation. *Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure*, Sér. 3, p. 21-86.

Banz R. (1981): The Relationship between Return and Market Value of Common Stocks. *Journal of Financial Economics* 9, p. 3-18.

Box, George y Pierce, David. Distribution of residual autocorrelation in autoregressive integrated moving average time series models. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 65; (1970); p. 1509-152.

Campbell Lo y MacKinley (1997): *The Econometrics of Financial Markets*, New Jersey: Princeton University Press.

Cross F. (1973): *Financial Analysts Journal*, Vol. 29, No. 6 (Nov. - Dec., 1973), pp. 67-69 .

Dickey, David y Fuller, Wayne. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. En: *Journal of the Statistical Association*. Vol. 74; (1979); 427-431.

Elton, Gruber, Brown, Goetzmann: *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, 6th Edition. Wiley Editions.

Fama E. (1965): *The Behavior of the Stock Market Prices*, *Journal of Business*, p. 34-104.

Fama E. (1970): *Efficient capital markets: A review of theory and empirical work*. *Journal of Finance*. Vol. 25, p. 383-417.

Fama E. y French K.R. (1988): *Permanent and temporary components of stock prices*. *Journal of Political Economy*. Vol. 98, p. 247-273.

Fields, Morris J. *Stock prices: a problem in verification*. En: *Journal of Business*. Vol. 4; (1931); p. 415-418.

French K. (1980): *Stock Returns and the Weekend Effect*. *Journal of Financial Economics* N° 8, pp. 55-69.

Gibbons, Michael y Hess, Patrick. *Day of the week effects and asset returns*. En: *The Journal of Business*. Vol. 54; (1981); p. 579-596.

Guardia, Gustavo. Eficiencia y Gobierno Corporativo en los Mercados de valores latinoamericanos. En: CESLA - Pontificia Universidad Católica de Perú; (2005).

Gultekin, Mustafa y Gultekin, N. Bulent. Stock market seasonality: international evidence. En: Journal of Financial Economics. Vol. 12; (1983). p. 469-481.

Harris L. (1986): A Transaction Data Study of Weekly and Intradaily Patterns in stock Returns", Journal of Financial Economics 16, p. 99-117.

Harvey C. y Viscanta T (1997): What matters for emerging markets investments?, Emerging Markets Quarterly No 2, p. 17-26.

Jaffe J. y Westerfield R (1985): The Week-End Effect in Common Stock Returns: The International Evidence, Journal Financial 40, p. 433-454.

James Hamilton, Time series analysis, Princeton university press, 1994.

Jensen M. (1978): Some Anomalous Evidence Regarding Market Efficiency. Journal of Financial Economics. Vol. 6, Nos. 2/3, p. 95-101.

Keim D. (1983): Size-Related Anomalies and Stock Return Seasonality, JFE 12, p.13-32.

Keim D. (1986): The CAPM and Equity Return Regularities, FAJ, p. 19-34.

Keim, D. y Stambaugh R (1984): A Further Investigation of the Weekend Effect in Stock Returns, Journal Financial 39, p. 819-835.

Kendall M. (1953): The Analysis of Economic Time Series. Part I: Prices. Journal of the Royal Statistical Society, vol. 96, p.11-25.

Kruizenga R. (1956): Put and call options: A theoretical and market analysis. Unpublished doctoral dissertation, MIT.

Lakonishok, Josef y Levi, Maurice. Weekend effects on stock returns: a note. En: Journal of Finance. Vol. 37; (1982); p. 883-889.

Lakonishok J. y Maberly E (1992): The Weekend Effect: Trading Patterns of Individual and Institutional Investors, Journal Financial 45, p. 231-243.

Ljung, G. M. y Box, G. On a measure of lack of fit in time series models. En: Biometrika, Vol. 65, No. 2; (1978); p. 297-303.

Maya C. y Torres, G. (2004): The Unification of the Colombian Stock Market: A Step Towards Efficiency. Empirical Evidence, Latin American Business Review. Vol. 5, No.4.

Mandelbrot B. (1965): Portafolio analysis in a stable paretian market, Management Science 11.

Mandelbrot B. (1969): Long-run linearity, locally Gaussian process, H-spectra, and infinite variances. International Economic Review 10, p. 82-111.

Mandelbrot B. (1972): A statistical methodology for non-periodic cycles: From the covariance to R/S analysis, Annals of Economic and Social Measurement, 1, p. 259-290.

Mandelbrot B. y Wallis J. (1969): Robustness of the rescaled range R/S in the measurement of noncyclic long-run statistical dependence, Water Resources Research, 5, p. 967-988.

Officer R. (1975): Seasonality in Australian capital markets, *Journal Financial Economics* 2, p. 29-65

Ojah, Kalu y Karemera, David. Random walks and market efficiency tests of Latin American emerging equity markets: A revisit. En: *The Finance Review*. Vol. 34; (1999); 57-72.

Osborne M (1959): Brownian Motion in the Stock Market, *Operations research* No 7, p. 145-173.

Penman S. (1987): The Distribution of Earnings News over Time and Seasonalities in Aggregate Stock Returns, *Journal Financial Economics* 18, p. 199-228.

Reinganum M. (1984): Discussion: "What the Anomalies Mean", *JF* 39, p. 837-840.

Reinganum M (1983): The anomalous stock market behavior of small firms in January: Empirical tests for tax-loss selling effects, *Journal of Financial Economics* 12, p. 89- 104.

Reinganum M (1981): Misspecification of capital asset pricing: Empirical anomalies based on earnings' yields and market values, *Journal of Financial Economics* 9, p.19- 46.

Roberts H. (1959): *Stock Market Patterns and Financial Analysis: Methodological Suggestions*. *Journal of Finance*, p. 1-10.

Roberts H. (1967): "Statistical versus Clinical Prediction of the Stock Market", unpublished manuscript, Center for Research in Security Prices, University of Chicago, May.

Rogalski R. (1984): New Findings Regarding Day-of-the Week Returns over Trading and Non-Trading Periods: A Note, *Journal Financial* 39, p. 1603-1614.

Smirlock M. y Starks L. (1986): Day of week and intraday effects in stock returns, *Journal of Financial Economics*, mcombs.utexas.edu

Urrutia, Jorge. Tests of random walk and market efficiency for Latin American emerging equity markets. En: *Journal of Financial Research*. Vol. 18, No. 3; (1995); p. 299-309.

Valdivieso, Raúl. Validación de la eficiencia y modelo de fijación de precios en el mercado mexicano de valores. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. (2004).

Worthington, Andrew y Higgs, Helen. Test of random walks and market efficiency in Latin American stock markets: An empirical note. En: *School of Economics and Finance, discussion papers and working papers series*. No 157, School of Economics and Finance, Queensland University of Technology (2003).

ANEXOS

ANEXO A: El modelo de Martingala

Quizá el modelo más antiguo pero perfectamente explicativo para determinar precios de activos financieros sea el modelo de Martingala, el cual tiene su origen en la historia de juegos de oportunidades y el nacimiento de la teoría de probabilidades. El matemático Girolano Cardano propuso una teoría elemental de apuestas en su libro de 1565 *Liber Ludo Aleae* (*The Book of Games of Chance*), en el cual escribió.

El principio fundamental en toda apuesta es la simple igualdad de decisión de los oponentes, por ejemplo: situaciones, dinero, etc. Para explicar porqué se parte de la igualdad veamos la siguiente situación, si estás a favor de tu oponente eres un tonto, y si estás a tu favor eres injusto.

Este pasaje contiene la noción del juego justo, un juego en el cual ninguno de los oponentes tiene algo a su favor, y esta es la esencia del modelo de Martingala, un proceso estocástico $\{P_t\}$ el cual satisface las siguientes condiciones

$$E[P_{t+1}|P_t, P_{t+1} \dots] = P_t$$

$$E[P_{t+1}|P_t, P_{t+1} \dots] = 0$$

Si P_t representa triunfos acumulados al día t de un juego de oportunidades en cada periodo entonces un juego justo es aquel en el que el rendimiento esperado del periodo próximo es igual al del periodo presente, condicionado a la historia del juego. Alternativamente, un juego es justo si los incrementos esperados en los rendimientos en cualquier punto del tiempo son cero cuando se encuentra condicionado a la historia.

Si P_t es el precio de un activo al tiempo t , entonces la hipótesis de Martingala establece que el precio de mañana será igual al precio de hoy dado los precios históricos. Alternativamente, si el cambio esperado en el rendimiento del activo es cero, entonces el precio del activo únicamente crecerá para caer nuevamente. Desde la perspectiva del pronóstico, la hipótesis de Martingala establece que el mejor pronóstico del precio de mañana es simplemente el precio de hoy, donde la palabra “mejor” significa el mínimo error medio.

Otro aspecto de la hipótesis de Martingala es que los cambios en los precios no se encuentran correlacionados en todos los niveles y rezagos, lo que implica la ineffectividad de todas las reglas de los pronósticos lineales de los cambios en los precios futuros basado únicamente en precios históricos. El hecho de esta implicación podría enmascarar el importante papel que la hipótesis de Martingala juega en el modelado de la dinámica de precios.

De hecho, la hipótesis de Martingala fue utilizada durante mucho tiempo como una condición necesaria para un mercado de activos eficiente, en el cual la información contenida en precios pasados es instantánea, total y perpetuamente reflejado en los precios de activos de hoy. Si el mercado es eficiente, entonces no debería ser posible obtener utilidad de la comercialización de la información contenida en los

precios históricos del activo, asimismo, cambios en los rendimientos esperados de los activos basados en los precios históricos no pueden ser positivos o negativos (si compras de pequeñas cantidades son permitidas) y por lo tanto, deben ser cero. **El mercado más eficiente, es aquel en el que la secuencia de cambios de precios generado por el mercado es la más aleatoria, e impredecible.**

Sin embargo, una de las bases centrales de la economía financiera moderna es la necesidad de establecer una relación entre riesgo y rendimiento esperado, y aunque la hipótesis de Martingala aplica una restricción al rendimiento esperado, esta no toma en cuenta el riesgo para nada. En general, si el cambio en un precio es positivo, puede ser la recompensa necesaria para hacer que los inversionistas mantengan sus activos a pesar del riesgo que conllevan. Por lo tanto, a pesar de las fortalezas de la hipótesis de Martingala se ha demostrado que es una condición necesaria pero no suficiente para determinar el precio de un activo racionalmente.

ANEXO B: Serie histórica de precios de la acción de Ecopetrol

FECHA	PRECIO CIERRE	RETORNO
28/11/2007	2.045,00	
29/11/2007	2.080,00	0,1697010
30/11/2007	2.010,00	-3,4233172
03/12/2007	1.965,00	-2,2642477
04/12/2007	1.870,00	-4,9553814
05/12/2007	1.995,00	6,4705619
06/12/2007	2.015,00	0,9975145
07/12/2007	1.990,00	-1,2484557
10/12/2007	1.980,00	-0,5037794
11/12/2007	2.045,00	3,2300945
12/12/2007	2.010,00	-1,7263067
13/12/2007	2.010,00	0,0000000
14/12/2007	2.015,00	0,2484473
17/12/2007	2.000,00	-0,7472015
18/12/2007	1.920,00	-4,0821995
19/12/2007	1.970,00	2,5708357
20/12/2007	2.010,00	2,0101179
21/12/2007	2.015,00	0,2484473
24/12/2007	2.015,00	0,0000000
26/12/2007	2.020,00	0,2478316
27/12/2007	2.025,00	0,2472189
28/12/2007	2.020,00	-0,2472189
02/01/2008	2.015,00	-0,2478316
03/01/2008	2.030,00	0,7416598
04/01/2008	2.025,00	-0,2466092
08/01/2008	2.005,00	-0,9925640
09/01/2008	1.990,00	-0,7509422
10/01/2008	1.990,00	0,0000000
11/01/2008	1.995,00	0,2509412
14/01/2008	1.960,00	-1,7699577
15/01/2008	1.905,00	-2,8462465
16/01/2008	1.860,00	-2,3905521
17/01/2008	1.755,00	-5,8107631
18/01/2008	1.725,00	-1,7241806
21/01/2008	1.575,00	-9,0971778
22/01/2008	1.740,00	9,9629841
23/01/2008	1.700,00	-2,3256862
24/01/2008	1.800,00	5,7158414
25/01/2008	1.790,00	-0,5571045

28/01/2008	1.735,00	-3,1208206
29/01/2008	1.760,00	1,4306396
30/01/2008	1.750,00	-0,5698021
31/01/2008	1.765,00	0,8534902
01/02/2008	1.760,00	-0,2836881
04/02/2008	1.805,00	2,5246783
05/02/2008	1.760,00	-2,5246783
06/02/2008	1.720,00	-2,2989518
07/02/2008	1.750,00	1,7291497
08/02/2008	1.770,00	1,1363759
11/02/2008	1.820,00	2,7856955
12/02/2008	1.815,00	-0,2751033
13/02/2008	1.810,00	-0,2758622
14/02/2008	1.880,00	3,7944932
15/02/2008	1.900,00	1,0582109
18/02/2008	1.950,00	2,5975486
19/02/2008	1.950,00	0,0000000
20/02/2008	1.955,00	0,2560821
21/02/2008	1.945,00	-0,5128216
22/02/2008	1.950,00	0,2567396
25/02/2008	1.960,00	0,5115101
26/02/2008	1.970,00	0,5089070
27/02/2008	1.985,00	0,7585371
28/02/2008	1.975,00	-0,5050516
29/02/2008	2.010,00	1,7566324
03/03/2008	2.000,00	-0,4987542
04/03/2008	1.910,00	-4,6043939
05/03/2008	1.955,00	2,3286951
06/03/2008	1.950,00	-0,2560821
07/03/2008	1.985,00	1,7789542
10/03/2008	1.990,00	0,2515725
11/03/2008	2.010,00	1,0000083
12/03/2008	2.025,00	0,7434978
13/03/2008	2.055,00	1,4706147
14/03/2008	2.095,00	1,9277705
17/03/2008	2.060,00	-1,6847571
18/03/2008	2.080,00	0,9661911
19/03/2008	2.065,00	-0,7237667
25/03/2008	2.045,00	-0,9732437
26/03/2008	2.050,00	0,2442004
27/03/2008	2.080,00	1,4528101
28/03/2008	2.090,00	0,4796172
31/03/2008	2.090,00	0,0000000
01/04/2008	2.095,00	0,2389487
02/04/2008	2.100,00	0,2383791

03/04/2008	2.150,00	2,3530497
04/04/2008	2.210,00	2,7524673
07/04/2008	2.215,00	0,2259888
08/04/2008	2.205,00	-0,4524895
09/04/2008	2.225,00	0,9029407
10/04/2008	2.220,00	-0,2249720
11/04/2008	2.190,00	-1,3605652
14/04/2008	2.195,00	0,2280503
15/04/2008	2.245,00	2,2523475
16/04/2008	2.275,00	1,3274531
17/04/2008	2.280,00	0,2195391
18/04/2008	2.330,00	2,1692825
21/04/2008	2.370,00	1,7021688
22/04/2008	2.420,00	2,0877585
23/04/2008	2.385,00	-1,4568416
24/04/2008	2.375,00	-0,4201687
25/04/2008	2.400,00	1,0471300
28/04/2008	2.455,00	2,2658024
29/04/2008	2.565,00	4,3831717
30/04/2008	2.600,00	1,3552966
02/05/2008	2.650,00	1,9048195
06/05/2008	2.895,00	8,8425471
07/05/2008	2.730,00	-5,8683502
08/05/2008	2.750,00	0,7299302
09/05/2008	2.835,00	3,0441026
12/05/2008	2.815,00	-0,7079676
13/05/2008	2.800,00	-0,5342844
14/05/2008	2.770,00	-1,0772097
15/05/2008	2.730,00	-1,4545711
16/05/2008	2.775,00	1,6349138
19/05/2008	2.770,00	-0,1803427
20/05/2008	2.780,00	0,3603608
21/05/2008	2.885,00	3,7073972
22/05/2008	2.850,00	-1,2205906
23/05/2008	2.845,00	-0,1755927
27/05/2008	2.790,00	-1,9521472
28/05/2008	2.810,00	0,7142888
29/05/2008	2.790,00	-0,7142888
30/05/2008	2.810,00	0,7142888
03/06/2008	2.760,00	-1,7953804
04/06/2008	2.730,00	-1,0929071
05/06/2008	2.755,00	0,9115833
06/06/2008	2.845,00	3,2145625
09/06/2008	2.820,00	-0,8826183
10/06/2008	2.770,00	-1,7889565

11/06/2008	2.785,00	0,5400553
12/06/2008	2.775,00	-0,3597126
13/06/2008	2.770,00	-0,1803427
16/06/2008	2.760,00	-0,3616640
17/06/2008	2.730,00	-1,0929071
18/06/2008	2.680,00	-1,8484815
19/06/2008	2.565,00	-4,3858316
20/06/2008	2.610,00	1,7391743
23/06/2008	2.630,00	0,7633625
24/06/2008	2.635,00	0,1899336
25/06/2008	2.590,00	-1,7225306
26/06/2008	2.555,00	-1,3605652
27/06/2008	2.615,00	2,3211874
01/07/2008	2.565,00	-1,9305619
02/07/2008	2.575,00	0,3891055
03/07/2008	2.690,00	4,3691659
04/07/2008	2.720,00	1,1090687
07/07/2008	2.695,00	-0,9233676
08/07/2008	2.630,00	-2,4414358
09/07/2008	2.655,00	0,9460809
10/07/2008	2.650,00	-0,1885015
11/07/2008	2.605,00	-1,7126965
14/07/2008	2.595,00	-0,3846159
15/07/2008	2.530,00	-2,5367214
16/07/2008	2.485,00	-1,7946643
17/07/2008	2.460,00	-1,0111310
18/07/2008	2.490,00	1,2121361
21/07/2008	2.510,00	0,8000043
22/07/2008	2.480,00	-1,2024193
23/07/2008	2.505,00	1,0030174
24/07/2008	2.495,00	-0,4000005
25/07/2008	2.500,00	0,2002003
28/07/2008	2.490,00	-0,4008021
29/07/2008	2.440,00	-2,0284671
30/07/2008	2.515,00	3,0274764
31/07/2008	2.560,00	1,7734455
01/08/2008	2.570,00	0,3898640
04/08/2008	2.485,00	-3,3633239
05/08/2008	2.475,00	-0,4032264
06/08/2008	2.465,00	-0,4048589
08/08/2008	2.460,00	-0,2030458
11/08/2008	2.410,00	-2,0534602
12/08/2008	2.390,00	-0,8333382
13/08/2008	2.465,00	3,0898442
14/08/2008	2.415,00	-2,0492520

15/08/2008	2.450,00	1,4388737
19/08/2008	2.460,00	0,4073325
20/08/2008	2.460,00	0,0000000
21/08/2008	2.510,00	2,0121403
22/08/2008	2.505,00	-0,1994019
25/08/2008	2.500,00	-0,1998003
26/08/2008	2.500,00	0,0000000
27/08/2008	2.525,00	0,9950331
28/08/2008	2.560,00	1,3766196
29/08/2008	2.615,00	2,1256839
01/09/2008	2.730,00	4,3037512
02/09/2008	2.675,00	-2,0352229
03/09/2008	2.660,00	-0,5623258
04/09/2008	2.615,00	-1,7062025
05/09/2008	2.600,00	-0,5752652
08/09/2008	2.630,00	1,1472401
09/09/2008	2.600,00	-1,1472401
10/09/2008	2.595,00	-0,1924928
11/09/2008	2.635,00	1,5296665
12/09/2008	2.675,00	1,5066198
15/09/2008	2.625,00	-1,8868484
16/09/2008	2.530,00	-3,6861593
17/09/2008	2.480,00	-1,9960743
18/09/2008	2.490,00	0,4024150
19/09/2008	2.580,00	3,5506688
22/09/2008	2.615,00	1,3474699
23/09/2008	2.570,00	-1,7358199
24/09/2008	2.585,00	0,5819609
25/09/2008	2.630,00	1,7258338
26/09/2008	2.610,00	-0,7633625
29/09/2008	2.555,00	-2,1297998
30/09/2008	2.565,00	0,3906255
01/10/2008	2.600,00	1,3552966
02/10/2008	2.580,00	-0,7722046
03/10/2008	2.585,00	0,1936109
06/10/2008	2.455,00	-5,1598747
07/10/2008	2.435,00	-0,8180005
08/10/2008	2.350,00	-3,5531428
09/10/2008	2.290,00	-2,5863511
10/10/2008	2.085,00	-9,3782962
14/10/2008	2.280,00	8,9406588
15/10/2008	2.115,00	-7,5120630
16/10/2008	2.050,00	-3,1215019
17/10/2008	2.115,00	3,1215019
20/10/2008	2.165,00	2,3365549

21/10/2008	2.170,00	0,2306806
22/10/2008	2.055,00	-5,4451320
23/10/2008	2.035,00	-0,9780029
24/10/2008	1.895,00	-7,1276980
27/10/2008	1.825,00	-3,7638851
28/10/2008	1.885,00	3,2347834
29/10/2008	1.950,00	3,3901552
30/10/2008	2.000,00	2,5317808
31/10/2008	1.980,00	-1,0050336
04/11/2008	2.045,00	3,2300945
05/11/2008	1.980,00	-3,2300945
06/11/2008	1.900,00	-4,1242959
07/11/2008	1.985,00	4,3765028
10/11/2008	1.975,00	-0,5050516
11/11/2008	1.960,00	-0,7623925
12/11/2008	1.945,00	-0,7682496
13/11/2008	1.935,00	-0,5154651
14/11/2008	2.000,00	3,3039854
18/11/2008	1.965,00	-1,7654935
19/11/2008	1.950,00	-0,7662873
20/11/2008	1.895,00	-2,8610534
21/11/2008	1.865,00	-1,5957785
24/11/2008	1.930,00	3,4258950
25/11/2008	1.960,00	1,5424470
26/11/2008	2.005,00	2,2699588
27/11/2008	2.060,00	2,7061922
28/11/2008	2.010,00	-2,4571261
01/12/2008	1.965,00	-2,2642477
02/12/2008	1.970,00	0,2541297
03/12/2008	2.005,00	1,7610518
04/12/2008	1.995,00	-0,5000010
05/12/2008	1.960,00	-1,7699577
09/12/2008	1.995,00	1,7699577
10/12/2008	2.030,00	1,7391743
11/12/2008	2.085,00	2,6733062
12/12/2008	2.070,00	-0,7220248
15/12/2008	2.115,00	2,1506205
16/12/2008	2.120,00	0,2361276
17/12/2008	2.075,00	-2,1454935
18/12/2008	2.010,00	-3,1826432
19/12/2008	2.015,00	0,2484473
22/12/2008	2.040,00	1,2330612
23/12/2008	2.015,00	-1,2330612
24/12/2008	1.995,00	-0,9975145
26/12/2008	2.005,00	0,5000010

29/12/2008	2.000,00	-0,2496880
30/12/2008	2.005,00	0,2496880
02/01/2009	2.015,00	0,4975135
05/01/2009	2.040,00	1,2330612
06/01/2009	2.090,00	2,4214258
07/01/2009	2.045,00	-2,1766276
08/01/2009	2.035,00	-0,4901971
09/01/2009	2.055,00	0,9780029
13/01/2009	2.045,00	-0,4878058
14/01/2009	2.015,00	-1,4778594
15/01/2009	1.995,00	-0,9975145
16/01/2009	1.990,00	-0,2509412
19/01/2009	2.010,00	1,0000083
20/01/2009	2.005,00	-0,2490661
21/01/2009	1.995,00	-0,5000010
22/01/2009	1.990,00	-0,2509412
23/01/2009	2.000,00	0,5012542
26/01/2009	2.015,00	0,7472015
27/01/2009	2.015,00	0,0000000
28/01/2009	2.015,00	0,0000000
29/01/2009	2.020,00	0,2478316
30/01/2009	2.040,00	0,9852296
02/02/2009	2.020,00	-0,9852296
03/02/2009	2.040,00	0,9852296
04/02/2009	2.060,00	0,9756175
05/02/2009	2.110,00	2,3981965
06/02/2009	2.150,00	1,8779895
09/02/2009	2.150,00	0,0000000
10/02/2009	2.140,00	-0,4662013
11/02/2009	2.135,00	-0,2339182
12/02/2009	2.130,00	-0,2344667
13/02/2009	2.150,00	0,9345862
16/02/2009	2.135,00	-0,7001195
17/02/2009	2.105,00	-1,4151180
18/02/2009	2.070,00	-1,6766860
19/02/2009	2.065,00	-0,2418381
20/02/2009	2.045,00	-0,9732437
23/02/2009	2.035,00	-0,4901971
24/02/2009	2.015,00	-0,9876623
25/02/2009	2.055,00	1,9656653
26/02/2009	2.095,00	1,9277705
27/02/2009	2.105,00	0,4761914
02/03/2009	2.050,00	-2,6475674
03/03/2009	2.060,00	0,4866190
04/03/2009	2.095,00	1,6847571

05/03/2009	2.055,00	-1,9277705
06/03/2009	2.075,00	0,9685306
09/03/2009	2.060,00	-0,7255171
10/03/2009	2.080,00	0,9661911
11/03/2009	2.065,00	-0,7237667
12/03/2009	2.075,00	0,4830927
13/03/2009	2.090,00	0,7202912
16/03/2009	2.105,00	0,7151401
17/03/2009	2.095,00	-0,4761914
18/03/2009	2.095,00	0,0000000
19/03/2009	2.120,00	1,1862535
20/03/2009	2.125,00	0,2355714
24/03/2009	2.140,00	0,7034027
25/03/2009	2.140,00	0,0000000
26/03/2009	2.120,00	-0,9389740
27/03/2009	2.140,00	0,9389740
30/03/2009	2.130,00	-0,4683849
31/03/2009	2.140,00	0,4683849
01/04/2009	2.145,00	0,2333723
02/04/2009	2.175,00	1,3889112
03/04/2009	2.165,00	-0,4608303
06/04/2009	2.175,00	0,4608303
07/04/2009	2.185,00	0,4587164
08/04/2009	2.185,00	0,0000000
13/04/2009	2.120,00	-3,0199740
14/04/2009	2.140,00	0,9389740
15/04/2009	2.135,00	-0,2339182
16/04/2009	2.135,00	0,0000000
17/04/2009	2.120,00	-0,7050558
20/04/2009	2.095,00	-1,1862535
21/04/2009	2.090,00	-0,2389487
22/04/2009	2.090,00	0,0000000
23/04/2009	2.085,00	-0,2395211
24/04/2009	2.130,00	2,1353124
27/04/2009	2.125,00	-0,2350177
28/04/2009	2.125,00	0,0000000
29/04/2009	2.145,00	0,9367750
30/04/2009	2.120,00	-1,1723464
04/05/2009	2.150,00	1,4051753
05/05/2009	2.135,00	-0,7001195
06/05/2009	2.165,00	1,3953715
07/05/2009	2.210,00	2,0572154
08/05/2009	2.330,00	5,2875752
11/05/2009	2.275,00	-2,3888215
12/05/2009	2.305,00	1,3100624

13/05/2009	2.285,00	-0,8714652
14/05/2009	2.290,00	0,2185793
15/05/2009	2.275,00	-0,6571765
18/05/2009	2.285,00	0,4385972
19/05/2009	2.355,00	3,0174703
20/05/2009	2.370,00	0,6349228
21/05/2009	2.340,00	-1,2739026
22/05/2009	2.325,00	-0,6430890
26/05/2009	2.350,00	1,0695289
27/05/2009	2.345,00	-0,2129926
28/05/2009	2.365,00	0,8492620
29/05/2009	2.385,00	0,8421102
01/06/2009	2.420,00	1,4568416
02/06/2009	2.405,00	-0,6217637
03/06/2009	2.380,00	-1,0449416
04/06/2009	2.415,00	1,4598799
05/06/2009	2.420,00	0,2068253
08/06/2009	2.415,00	-0,2068253
09/06/2009	2.425,00	0,4132237
10/06/2009	2.430,00	0,2059733
11/06/2009	2.485,00	2,2381402
12/06/2009	2.505,00	0,8016075
16/06/2009	2.475,00	-1,2048339
17/06/2009	2.480,00	0,2018164
18/06/2009	2.535,00	2,1935077
19/06/2009	2.520,00	-0,5934736
23/06/2009	2.525,00	0,1982161
24/06/2009	2.520,00	-0,1982161
25/06/2009	2.550,00	1,1834458
26/06/2009	2.545,00	-0,1962709
30/06/2009	2.580,00	1,3658749
01/07/2009	2.615,00	1,3474699
02/07/2009	2.610,00	-0,1913876
03/07/2009	2.590,00	-0,7692346
06/07/2009	2.585,00	-0,1932368
07/07/2009	2.585,00	0,0000000
08/07/2009	2.540,00	-1,7561427
09/07/2009	2.505,00	-1,3875346
10/07/2009	2.510,00	0,1994019
13/07/2009	2.510,00	0,0000000
14/07/2009	2.540,00	1,1881328
15/07/2009	2.575,00	1,3685453
16/07/2009	2.600,00	0,9661911
17/07/2009	2.635,00	1,3371737
21/07/2009	2.660,00	0,9442941

22/07/2009	2.660,00	0,0000000
23/07/2009	2.790,00	4,7715473
24/07/2009	2.775,00	-0,5390849
27/07/2009	2.745,00	-1,0869672
28/07/2009	2.695,00	-1,8382871
29/07/2009	2.705,00	0,3703708
30/07/2009	2.765,00	2,1938723
31/07/2009	2.775,00	0,3610112
03/08/2009	2.785,00	0,3597126
04/08/2009	2.790,00	0,1793722
05/08/2009	2.770,00	-0,7194276
06/08/2009	2.785,00	0,5400553
10/08/2009	2.815,00	1,0714388
11/08/2009	2.795,00	-0,7130155
12/08/2009	2.745,00	-1,8051032
13/08/2009	2.770,00	0,9066245
14/08/2009	2.750,00	-0,7246409
18/08/2009	2.725,00	-0,9132484
19/08/2009	2.730,00	0,1833181
20/08/2009	2.730,00	0,0000000
21/08/2009	2.735,00	0,1829827
24/08/2009	2.745,00	0,3649639
25/08/2009	2.730,00	-0,5479466
26/08/2009	2.700,00	-1,1049836
27/08/2009	2.705,00	0,1850139
28/08/2009	2.700,00	-0,1850139
31/08/2009	2.680,00	-0,7434978
01/09/2009	2.620,00	-2,2642477
02/09/2009	2.635,00	0,5708864
03/09/2009	2.620,00	-0,5708864
04/09/2009	2.645,00	0,9496748
07/09/2009	2.650,00	0,1888575
08/09/2009	2.710,00	2,2388995
09/09/2009	2.680,00	-1,1131840
10/09/2009	2.635,00	-1,6933613
11/09/2009	2.615,00	-0,7619084
14/09/2009	2.605,00	-0,3831422
15/09/2009	2.690,00	3,2108518
16/09/2009	2.700,00	0,3710579
17/09/2009	2.670,00	-1,1173301
18/09/2009	2.695,00	0,9319732
21/09/2009	2.665,00	-1,1194147
22/09/2009	2.710,00	1,6744577
23/09/2009	2.695,00	-0,5550431
24/09/2009	2.670,00	-0,9319732

25/09/2009	2.695,00	0,9319732
28/09/2009	2.715,00	0,7393749
29/09/2009	2.680,00	-1,2975159
30/09/2009	2.705,00	0,9285118
01/10/2009	2.695,00	-0,3703708
02/10/2009	2.700,00	0,1853569
05/10/2009	2.695,00	-0,1853569
06/10/2009	2.715,00	0,7393749
07/10/2009	2.700,00	-0,5540180
08/10/2009	2.695,00	-0,1853569
09/10/2009	2.690,00	-0,1857011
13/10/2009	2.660,00	-1,1215071
14/10/2009	2.685,00	0,9354605
15/10/2009	2.645,00	-1,5009663
15/10/2009	2.645,00	0,0000000
16/10/2009	2.680,00	1,3145729
19/10/2009	2.700,00	0,7434978
20/10/2009	2.670,00	-1,1173301
21/10/2009	2.670,00	0,0000000
22/10/2009	2.635,00	-1,3195290
23/10/2009	2.635,00	0,0000000
26/10/2009	2.600,00	-1,3371737
27/10/2009	2.580,00	-0,7722046
28/10/2009	2.580,00	0,0000000
29/10/2009	2.580,00	0,0000000
30/10/2009	2.550,00	-1,1696040
03/11/2009	2.485,00	-2,5820700
04/11/2009	2.560,00	2,9734599
05/11/2009	2.630,00	2,6976588
06/11/2009	2.615,00	-0,5719749
09/11/2009	2.650,00	1,3295542
10/11/2009	2.645,00	-0,1888575
11/11/2009	2.650,00	0,1888575
12/11/2009	2.640,00	-0,3780723
13/11/2009	2.645,00	0,1892148
17/11/2009	2.630,00	-0,5687219
18/11/2009	2.600,00	-1,1472401
19/11/2009	2.580,00	-0,7722046
20/11/2009	2.580,00	0,0000000
23/11/2009	2.595,00	0,5797118
24/11/2009	2.575,00	-0,7736983
25/11/2009	2.620,00	1,7324784
26/11/2009	2.600,00	-0,7662873
27/11/2009	2.605,00	0,1921230
30/11/2009	2.505,00	-3,9143941

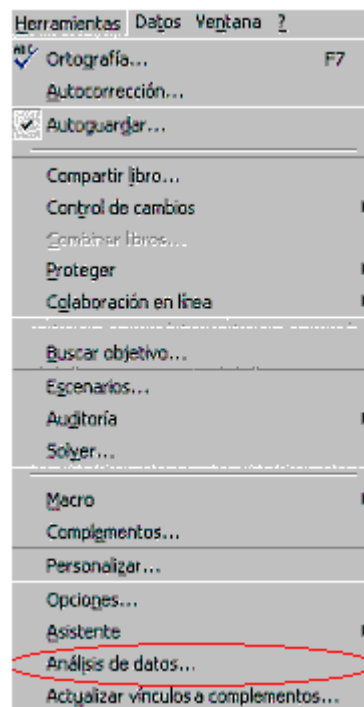
01/12/2009	2.545,00	1,5841915
02/12/2009	2.560,00	0,5876608
03/12/2009	2.590,00	1,1650617
04/12/2009	2.600,00	0,3853569
07/12/2009	2.570,00	-1,1605546
09/12/2009	2.570,00	0,0000000
10/12/2009	2.545,00	-0,9775249
11/12/2009	2.505,00	-1,5841915
14/12/2009	2.500,00	-0,1998003
15/12/2009	2.510,00	0,3992021
16/12/2009	2.500,00	-0,3992021
17/12/2009	2.465,00	-1,4098924
18/12/2009	2.440,00	-1,0193768
21/12/2009	2.455,00	0,6128722
22/12/2009	2.445,00	-0,4081638
23/12/2009	2.425,00	-0,8213599
24/12/2009	2.480,00	2,2427036
28/12/2009	2.475,00	-0,2018164
29/12/2009	2.480,00	0,2018164
30/12/2009	2.485,00	0,2014099
04/01/2010	2.495,00	0,4016070
05/01/2010	2.465,00	-1,2096922
06/01/2010	2.460,00	-0,2030458
07/01/2010	2.440,00	-0,8163311
08/01/2010	2.470,00	1,2220111
12/01/2010	2.445,00	-1,0173028
13/01/2010	2.435,00	-0,4098366
14/01/2010	2.450,00	0,6141268
15/01/2010	2.470,00	0,8130126
18/01/2010	2.465,00	-0,2026343
19/01/2010	2.460,00	-0,2030458
20/01/2010	2.455,00	-0,2034589
21/01/2010	2.390,00	-2,6833395
22/01/2010	2.400,00	0,4175371
25/01/2010	2.370,00	-1,2578782
26/01/2010	2.425,00	2,2941569
27/01/2010	2.445,00	0,8213599
28/01/2010	2.450,00	0,2042902
29/01/2010	2.455,00	0,2038737
01/02/2010	2.435,00	-0,8180005
02/02/2010	2.445,00	0,4098366
03/02/2010	2.455,00	0,4081638
04/02/2010	2.425,00	-1,2295237
05/02/2010	2.415,00	-0,4132237
08/02/2010	2.405,00	-0,4149384

09/02/2010	2.455,00	2,0576858
10/02/2010	2.465,00	0,4065046
11/02/2010	2.475,00	0,4048589
12/02/2010	2.480,00	0,2018164
15/02/2010	2.480,00	0,0000000
16/02/2010	2.470,00	-0,4040410
17/02/2010	2.485,00	0,6054509
18/02/2010	2.470,00	-0,6054509
19/02/2010	2.495,00	1,0070579
22/02/2010	2.500,00	0,2002003
23/02/2010	2.540,00	1,5873349
24/02/2010	2.600,00	2,3347364
25/02/2010	2.570,00	-1,1605546
26/02/2010	2.560,00	-0,3898640
01/03/2010	2.560,00	0,0000000
02/03/2010	2.565,00	0,1951220
03/03/2010	2.605,00	1,5474197
04/03/2010	2.605,00	0,0000000
05/03/2010	2.625,00	0,7648221
08/03/2010	2.640,00	0,5698021
09/03/2010	2.635,00	-0,1895735
10/03/2010	2.655,00	0,7561473
11/03/2010	2.695,00	1,4953550
12/03/2010	2.680,00	-0,5581410
15/03/2010	2.675,00	-0,1867414
16/03/2010	2.685,00	0,3731348
17/03/2010	2.710,00	0,9267907
18/03/2010	2.710,00	0,0000000
19/03/2010	2.700,00	-0,3696862
23/03/2010	2.700,00	0,0000000
24/03/2010	2.685,00	-0,5571045
25/03/2010	2.690,00	0,1860466
26/03/2010	2.675,00	-0,5591813
29/03/2010	2.680,00	0,1867414
30/03/2010	2.685,00	0,1863933
31/03/2010	2.700,00	0,5571045
05/04/2010	2.710,00	0,3696862
06/04/2010	2.730,00	0,7352974
07/04/2010	2.740,00	0,3656311
08/04/2010	2.725,00	-0,5489492
09/04/2010	2.725,00	0,0000000
12/04/2010	2.720,00	-0,1836548
13/04/2010	2.710,00	-0,3683245
14/04/2010	2.715,00	0,1843318
15/04/2010	2.730,00	0,5509656

16/04/2010	2.690,00	-1,4760416
19/04/2010	2.680,00	-0,3724399
20/04/2010	2.715,00	1,2975159
21/04/2010	2.755,00	1,4625489
22/04/2010	2.750,00	-0,1816531
23/04/2010	2.780,00	1,0850016
26/04/2010	2.785,00	0,1796946
27/04/2010	2.760,00	-0,9017194
28/04/2010	2.730,00	-1,0929071
29/04/2010	2.765,00	1,2739026
30/04/2010	2.765,00	0,0000000
03/05/2010	2.790,00	0,9000961
04/05/2010	2.775,00	-0,5390849
05/05/2010	2.725,00	-1,8182319

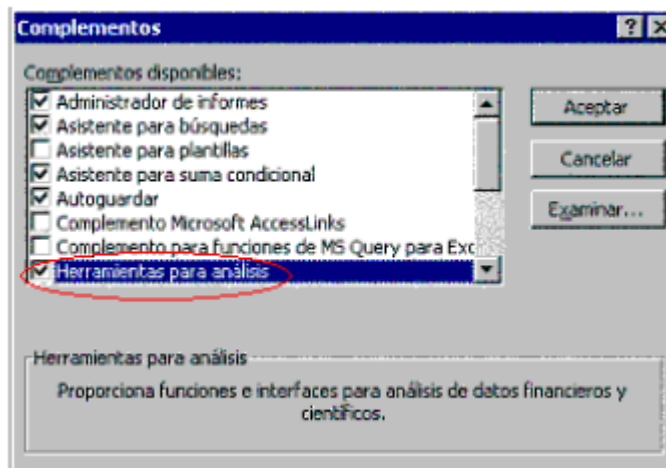
ANEXO C: Instalación de la opción de Análisis de datos en Excel

Para poder realizar las regresiones es necesario que este instalado en el Excel el complemento de Herramienta para Análisis. Si en la opción Herramientas, se tiene una opción de Análisis de Datos, entonces ya está instalado.



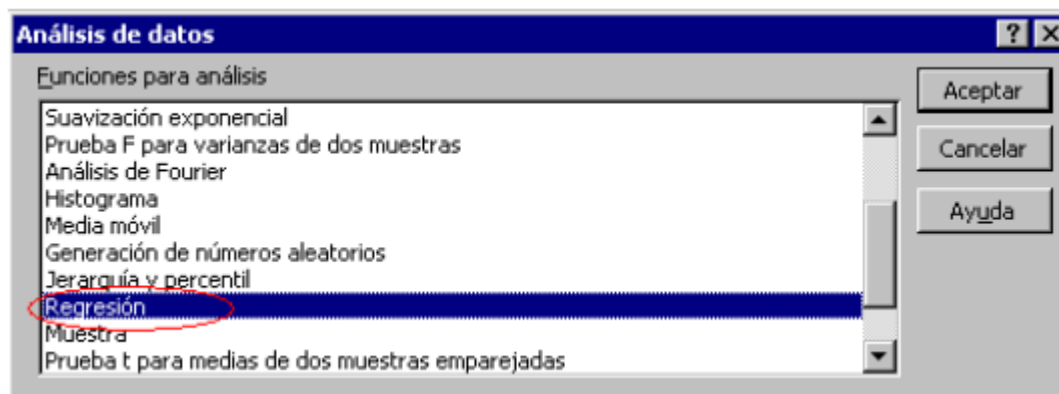
De otra forma sigue los siguientes pasos.

1. En la opción de Herramientas seleccione Complementos.
2. En la ventana de dialogo seleccione Herramientas para Análisis y presione el botón Aceptar.

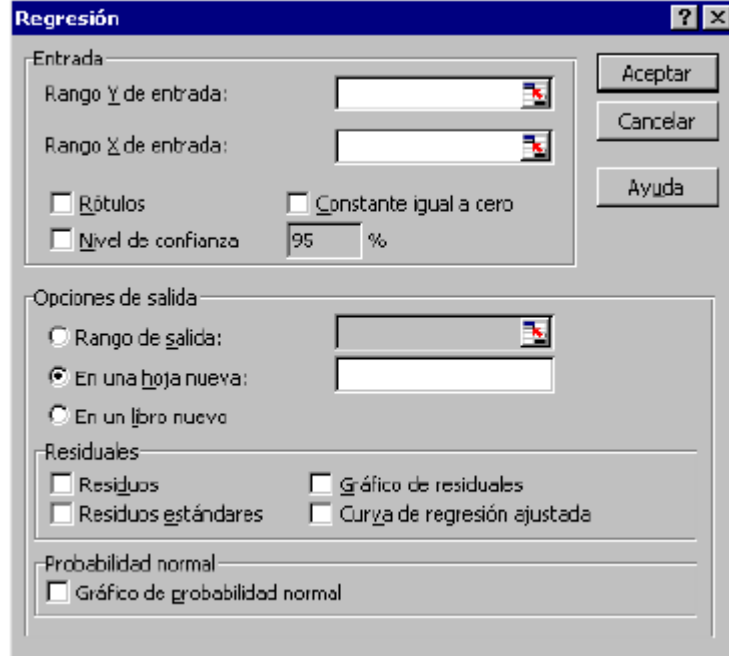


Regresión en Excel

Seleccione la opción Herramientas, después Análisis de Datos y por último la opción Regresión.



Se despliega la ventana de dialogo de las regresiones.



Por último, para introducir los datos seleccione la serie de datos de la variable dependiente (Rango Y de entrada) y luego los de la variable independiente (Rango X de entrada). Seleccione el nivel de confianza deseado y presione Aceptar.

ANEXO D: Interpretación y análisis de resultados de una regresión en Microsoft Excel.

Antes de revisar el siguiente ejemplo, es importante mencionar que existen pruebas estadísticas, que miden la bondad de los parámetros estimados y del modelo en sí, así como software que calcula los parámetros, ajusta los modelos y efectúa las respectivas pruebas, sin exigir al analista grandes conocimientos de estadística matemática.

Se debe tener cuidado entonces, en la interpretación adecuada de los resultados y para ello se muestra un ejemplo sobre ventas reales del producto Manchitas vs su distribución ponderada, en Bimbo de Colombia y una salida de un modelo de regresión obtenida con Excel a partir de dichos datos:

Cuadro 5: Ventas Manchitas

Mes	Ventas ('000 kilos)	Distribución Ponderada	Mes	Ventas ('000 kilos)	Distribución Ponderada
ENE 2004	647.63	66	ENE 2006	926.02	73
FEB 2004	589.61	63	FEB 2006	900.66	75
MAR 2004	576.01	64	MAR 2006	830.92	75
ABR 2004	599.58	66	ABR 2006	873.29	77
MAY 2004	633.77	66	MAY 2006	842.15	77
JUN 2004	642.79	67	JUN 2006	874.94	77
JUL 2004	668.33	67	JUL 2006	890.88	77
AGO 2004	681.48	69	AGO 2006	805.80	77
SEP 2004	663.61	69	SEP 2006	782.32	77
OCT 2004	667.60	69	OCT 2006	786.45	76
NOV 2004	723.75	69	NOV 2006	791.00	77
DIC 2004	722.84	70	DIC 2006	803.78	77
ENE 2005	731.78	71	ENE 2007	852.11	77
FEB 2005	701.84	68	FEB 2007	771.89	77
MAR 2005	672.85	69	MAR 2007	693.70	77
ABR 2005	713.33	73	ABR 2007	686.13	78
MAY 2005	753.15	72	MAY 2007	659.56	77
JUN 2005	800.49	73	JUN 2007	689.94	77
JUL 2005	849.29	73	JUL 2007	761.40	77
AGO 2005	814.17	73	AGO 2007	763.47	77
SEP 2005	1,041.36	73	SEP 2007	785.07	77
OCT 2005	1,047.76	73	OCT 2007	747.08	78
NOV 2005	869.95	74	NOV 2007	796.54	79
DIC 2005	866.99	73	DIC 2007	807.84	79

Fuente: Cálculos de la autora

Al realizar un análisis de regresión mediante la herramienta “análisis de datos” de Microsoft Excel los resultados arrojados son:

Figura 6: Salida regresión Excel

Resumen						
Estadísticas de la regresión						
Coeficiente de correlación múltiple	0.548348932					
Coeficiente de determinación R ²	0.300686551					
R ² ajustado	0.285484085					
Error típico	89.10572888					
Observaciones	48					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	157040.333	157040.333	19.7788007	5.4647E-05	
Residuos	46	365232.222	7939.83092			
Total	47	522272.556				
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-193.9517398	216.394721	-0.8962868	0.374766277	-629.53171	241.628234
Distribución Ponderada	13.11880043	2.94981071	4.44733636	5.46474E-05	7.18113952	19.0564613

Fuente: Cálculos de la autora

De esta forma, para una adecuada interpretación de este modelo en particular, uno de los primeros resultados a inspeccionar es el coeficiente de determinación (R^2), ya que este coeficiente mide el porcentaje de la variabilidad de la variable dependiente Y que puede explicarse a través de la variable independiente X ; en este caso, el modelo está indicando que la Distribución Ponderada del producto explica el 30% de las ventas del mismo, quedando un 70% que sería explicado por otras variables como el precio, la inversión publicitaria, etc. Este modelo puede parecer no muy bueno, ya que el porcentaje de varianza de Y que queda explicado es muy bajo; de manera empírica, se puede asumir que un buen modelo es aquel

que arroja una $R^2 > 0.6$; sin embargo, cuando se tratan de explicar variables con un comportamiento muy volátil, o que asumen varianzas grandes, el lograr explicar al menos un 40% de su comportamiento ($R^2=0.4$), puede considerarse como un muy buen resultado.

Otro análisis indispensable consiste es saber si ese porcentaje de la varianza de Y , explicado por X es estadísticamente significativo, o simplemente los resultados se deben al azar y en la realidad dicho porcentaje es nulo. Lo anterior se observa a través del valor crítico para la Prueba F , en donde se esperarían valores pequeños; más aún, valores menores a un determinado nivel de significancia α , por lo regular $\alpha=0.05$ (5%). En el caso del modelo, el coeficiente R^2 , pasa la prueba de significancia F , ya que el valor crítico de F es $5.4647E-5 = 0.000054647 < 0.05$ y por lo tanto se puede afirmar que la Distribución Ponderada del producto sí explica un porcentaje significativo de las ventas del mismo.

Para la interpretación del modelo en sí, hay que centrar la atención en los estimadores de los parámetros o simplemente coeficientes del modelo. Vale la pena mencionar que un modelo de regresión cumple con dos objetivos fundamentales; el primero de ellos, poder predecir el valor de la variable Y dado un valor particular de la variable independiente X .

En este caso, para poder estimar las Ventas del Producto ('000), si se lograra una Distribución Ponderada de 80 puntos porcentuales, se utiliza el modelo de la siguiente manera:

Figura 7: Modelo de regresión simple

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	-193.95174	216.394721	-0.8962868	0.374766277	-629.53171	241.628234
Distribución Ponderada	13.1188043	2.94981071	4.44733636	5.46474E-05	7.1811395	19.056461

Fuente: Cálculos de la autora.

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_1$$

$$\hat{Y}_i = -193.9517 + 13.1188 X_1$$

$$\hat{Y}_i = -193.9517 + 13.1188 * 80$$

$$\hat{Y}_i = 855.55$$

El segundo objetivo, es poder estimar de manera confiable los parámetros poblacionales b_0 y b_1 . En este caso la atención se centraría en b_1 ya que la interpretación de b_0 , que serían las Ventas del Producto cuando la Distribución Ponderada es cero, no hace sentido alguno. Lo que indica este modelo es que las Ventas del Producto se incrementarían en promedio 13.1188 unidades ('000 kilos) por cada incremento de un punto porcentual en la Distribución Ponderada. Sin embargo, nuevamente se debe verificar la significancia de este estimador, lo cual se hace a través de la inspección de los valores correspondientes a la columna Probabilidad (también conocido como *p-value*), en donde se requieren valores menores a un determinado nivel de significancia a para poder afirmar que dichos coeficientes son significativamente distintos de cero. Si se inspeccionan los resultados, en el caso del modelo el Intercepto, como era de esperarse, no es

significativamente distinto de cero ya que su probabilidad es de $0.37 > \alpha = 0.05$. Por otro lado, el coeficiente asociado a la variable independiente si resulta significativo.

Por último, otro resultado importante se observa en las columnas Inferior 95% y Superior 95%. Si se analiza por un momento la afirmación de que las Ventas del Producto se incrementan exactamente 13.11 unidades ('000 kilos), por cada punto porcentual adicional en la Distribución Ponderada, se llega a la conclusión de que este resultado es altamente improbable. Así, es importante analizar estas columnas, las cuales indican que, con una probabilidad del 95%, las Ventas del Producto se incrementarán entre 7.18 y 19.06 unidades, por cada punto porcentual adicional en la Distribución Ponderada, lo cual es una afirmación más apegada a la realidad.

Para el caso de un análisis de regresión con múltiples variables, el razonamiento es el mismo, sólo cambia el hecho que va a existir más de una variable independiente. A manera de ejemplo, se muestran los resultados de un modelo de regresión lineal múltiple que incluye como variable dependiente las ventas en unidades del producto A, y como variables independientes el precio unitario del producto A (en pesos), el precio unitario del producto B (competencia directa del producto A) medido en pesos y el ingreso familiar promedio. La salida de Excel es:

Figura 8: Análisis de regresión con múltiples variables

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	13354.60163	6485.41897	2.05917331	0.061861181	-775.91242	27485.11567
Precio Unitario Producto A	-3628.1859	635.628248	-5.70803125	9.78845E-05	-5013.10088	-2243.270925
Precio Unitario Producto B	2633.754818	1012.63668	2.60088822	0.02318791	427.409023	4840.100613
Ingreso Familiar Promedio	-19.2539446	30.6946471	-0.62727369	0.542231326	-86.1318354	47.62394617

Fuente: Cálculos de la autora