



**DETECCIÓN DE FRAUDES FINANCIEROS: UNA APLICACIÓN DE LA LEY DE
BENFORD A LOS BALANCES FINANCIEROS DE LAS SUPER SOCIEDADES**

AUTORES

**MARTHA ISABEL RIVERA CIFUENTES
IVONNE ANDREA VIVAS YERMANOS**

DIRECTOR

JAIME ANDRÉS CARABALÍ MOSQUERA

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ECONOMÍA Y NEGOCIOS INTERNACIONALES
SANTIAGO DE CALI
2020**

Agradecimientos

En el presente trabajo investigativo queremos ofrecer nuestros agradecimientos principalmente a la Universidad Icesi y a la Facultad de ciencias administrativas y económicas por su continuo apoyo, asesoramiento y seguimiento en el proceso de elaboración del proyecto de grado.

Por otro lado, también queremos agradecer a nuestro tutor Jaime Andrés Carabali Mosquera por la constante dedicación y apoyo brindado, no solo orientándonos en la realización de este proyecto sino también, en la enseñanza del lenguaje de programación R y del programa informático R studio, conocimientos que nos van a ser útiles el resto de nuestra carrera profesional.

Por último, quisiéramos agradecer a nuestras familias por el constante apoyo y ánimo brindados. Especialmente a Janeth Yermanos Muñoz quien, gracias a su formación y experiencia como contador público, nos brindó constantes retroalimentaciones que nos fueron útiles para complementar este trabajo investigativo.

Contenido

1. Introducción	8
2. Revisión de literatura.....	9
3. Datos.....	20
4. Metodología	22
5. Interpretación de resultados	24
5.1. Proveedores	24
5.2. Costo de venta y de prestación de servicios	25
5.3. Gastos operacionales de administración	27
5.4. Gastos operacionales de ventas	28
5.5. Caja	29
5.6. Materias primas	31
5.7. Productos en proceso	32
6. Conclusiones	33
7. Bibliografía	35

Índice de tablas y figuras

Gráfica 1: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Proveedores"	25
Gráfica 2: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Costo de venta y de prestación de servicios"	26
Gráfica 3: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Gastos operacionales de administración"	27
Gráfica 4: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Costos operacionales de ventas"	29
Gráfica 5: Aplicación de la Ley de Benford a la cuenta "Caja"	30
Gráfica 6: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Materias Primas"	31
Gráfica 7: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Producto en proceso"	33

Resumen

El presente trabajo investigativo tiene como objetivo utilizar la Ley de Benford para la detección de la posible presencia de fraude financiero en súper sociedades colombianas una problemática que afecta en gran cantidad a diversos sectores y agentes del país. Para realizar esta investigación se hizo uso de una base de datos perteneciente a la Superintendencia de Sociedades que contiene el balance general y Estado de Resultados de gran cantidad de empresas del país entre los años 2008 al 2015.

Con dicha base de datos se procedió por medio del software estadístico Rstudio y la función de la Ley de Benford, a evaluar si estas cifras seguían la secuencia esperada o si presentaban algún tipo de anomalía. Los resultados evidenciaron que efectivamente, 4 de las 7 cuentas analizadas no estaban siguiendo la Ley de Benford y, por tanto, se concluyó que estas cuentas podrían estar presentando una posible manipulación, con el fin de evadir impuestos o mostrar un mejor panorama financiero de las compañías.

Es por lo anterior, que este trabajo se constituye como un indicador, que evidencia la necesidad de realizar una investigación más profunda de los informes financieros presentados por las compañías ante la Superintendencia de Sociedades.

Abstract

The objective of this research work is to use the Benford Law to detect the possible presence of financial fraud in Colombian super companies, a problem that affects a large number of different sectors and agents in the country. To carry out this research, was used a database belonging to the Superintendencia de Sociedades, which contains the balance sheet and Income Statement of many companies in the country between 2008 and 2015.

With this database, the statistical software Rstudio and the function of Benford's Law were used to assess whether these figures followed the expected sequence or if they presented any type of anomaly. The results evidenced that indeed, 4 of the 6 analyzed accounts was not following Benford's Law and, therefore, it was concluded that these accounts could be presenting a possible manipulation, in order to avoid taxes or show a better financial panorama of the companies.

For this reason, this work constitutes an indicator that shows the need to carry out a more in-depth investigation of the financial reports presented by the companies to the Superintendeica de sociedades.

Palabras claves

- Fraude financiero
- Ley de Benford
- Balance general
- Super sociedades

Key Words

- Financial fraud
- Benford's law
- Balance sheet
- Super societies

1. Introducción

En el 2018 la red global de firmas prestadoras de servicios de auditoría KPMG, realizó un estudio a partir de la Encuesta de Fraude en Colombia 2017 aplicada a 144 directivos de empresas que operan en el país. Uno de los principales resultados fue que el 56% de las compañías experimentaron un evento de fraude durante el 2014 y 2015. Entiéndase fraude en términos financieros como la manipulación deliberada de la situación financiera de una compañía, lograda a través de la declaración u omisión de información en los estados financieros, con el propósito de engañar a usuarios interesados u otras entidades (Zheng, Glass, & Olinsky, 2017).

El fraude financiero está presente en empresas de diversos sectores económicos alrededor del mundo y es motivado por una gran variedad de incentivos como lo pueden ser, la necesidad de obtener créditos financieros, inversores, incrementar el valor de sus acciones, evadir impuestos, solicitar licitaciones, ambiciones personales, presión por el alcance de objetivos, entre otras (J. Yermanos, comunicación personal, 20 septiembre 2019).

Esta situación es una problemática en el sector financiero en Colombia pues afecta a una gran cantidad de agentes, como compañías interesadas en invertir o asociarse con otras compañías, que realizan una depuración a través de estados financieros que pueden estar manipulados para verse más atractivas. De igual manera, después de atravesar un evento de fraude existen repercusiones negativas en la moral de los trabajadores (KPMG, 2018). Adicionalmente, la evasión de las obligaciones tributarias genera una situación de competencia desleal respecto al resto de las empresas que no evaden impuestos. Además, se afectan negativamente las finanzas públicas (Ávila Valenzuela, 2018).

Por consiguiente, el objetivo de esta investigación es detectar la posible presencia de fraude financiero en super sociedades colombianas de cinco sectores económicos a través de la Ley de Benford. Los sectores seleccionados son agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca; explotación de minas y canteras; construcción; comercio al por mayor, al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas; e información y comunicaciones. Como herramienta metodológica se utilizará la teoría matemática llamada Ley de Benford, utilizada como un instrumento para detectar la posible presencia de fraudes en diferentes ámbitos, que se tratarán más detalladamente en la revisión de literatura. En este caso, se busca específicamente la detección de fraudes financieros.

Esta investigación se desarrollará de la siguiente forma: Se presentará la revisión de literatura donde se realizará una contextualización a fondo de las diferentes aplicaciones de la Ley de Benford a través del tiempo. A continuación, se explicará el origen de los datos y la metodología, detallando en el software estadístico Rstudio. Después, se explicarán los resultados de la aplicación de la Ley en la base de datos seleccionada. Y finalmente, se expondrá la conclusión general de la investigación.

2. Revisión de literatura

La Ley de Benford, también conocida como la ley de primer dígito o la ley de números anómalos, fue descubierta por dos científicos. En primer lugar, en el año de 1881 el astrónomo y matemático Simon Newcomb, por medio de la observación de los libros que tenían las tablas logarítmicas, evidenció que las primeras páginas de estos libros estaban mucho más utilizadas que las últimas, sugiriendo así la posibilidad de que se repitan con mayor frecuencia los números que empiezan por el dígito 1 o 2 que por el 8 o 9. Por ello, desarrolló una fórmula que daba la probabilidad existente de que un número al azar empezará por un dígito concreto. 57 años después el físico Frank Benford redescubrió esta fórmula y

realizó comprobaciones con diferentes conjuntos de datos y al observar que los resultados se ajustaban tanto a la fórmula esta se comenzó a llamar la Ley de Benford (Benford, 1938).

La ley establece que, en la gran cantidad y variedad de números existentes en la vida real, la primera cifra de resultados numéricos es 1 con mucha más frecuencia que cualquier otra cifra. Además, a medida que este primer dígito crece, es menos probable que se encuentre en la posición inicial. A través del tiempo, sobre todo en los últimos veinticinco años esta ley se ha utilizado como una herramienta de detección de fraude en diferentes campos de la ciencia en general, y en la contabilidad con fines de auditoría (Hill, 1995). Las principales investigaciones realizadas con la Ley de Benford han sido para detectar fraudes electorales y financieros; en general realizados para la obtención de beneficios económicos.

La literatura explica que si el comportamiento del conjunto de datos no cumple con la distribución de Benford, puede encontrarse ante posibles riesgos de irregularidades o fraudes (Nigrini, 1999).

Es necesario aclarar, que esta ley no funciona para todo conjunto de datos, ya que hay características específicas expuestas en las investigaciones que imposibilitan el uso de ciertos tipos de datos. Algunos ejemplos de esto son aquellos datos que tengan transacciones repetitivas, que se hayan construido en mínimos o máximos o que tengan números asignados; como las órdenes de compra o retiros en cajeros automáticos que siguen una distribución uniforme y por tanto no son compatibles con la Ley de Benford (Durtschi, Hillison, & Pacini, 2004).

Por otro lado, la literatura también plantea la importancia de que el conjunto de datos tenga un significativo número de estos de tal forma que se pueda observar una desviación en los estadísticos (z-statistics) con una menor proporción de cifras. A la vez, los autores concluyen que la prueba de la Ley de Benford no debería ser usada como primera medida por

auditores, porque hay gran probabilidad de que se hayan ocultado o borrado datos o que estén duplicados y esto no lo puede notar la prueba. Por esa razón, es mejor utilizar como primera medida auditorías externas o comparar los resultados de la empresa con la industria para observar cualquier comportamiento irregular y después sí utilizar la Ley de Benford (Durtschi, Hillison, & Pacini, 2004).

Múltiples estudios se han realizado haciendo uso de esta ley para poder detectar los diferentes tipos de fraudes que se pueden presentar tanto en el sector público como en el privado; y en diferentes escalas como la económica, la financiera o incluso la electoral. Prueba de esto, está el caso de dos empresas muy reconocidas del sector energético, una en Brasil y la otra en Argentina. Para ambas compañías surgió la necesidad de evaluar si existían tendencias inusuales en sus bases de datos, ya que se habían visto envueltas en escándalos fraudulentos, debido a la participación en procesos gerenciales imprudentes y corruptos.

Para el caso de la empresa brasileña, se utilizaron los valores de los elementos de red flags en el periodo de 2004 a 2012. Como punto de referencia, también se tomaron los estados financieros de 40 compañías pertenecientes a BM&FBovespa. Los resultados de la evaluación de la compañía Petrobras, presentaron diferencias con respecto a la Ley de Benford. Debido a fraudes gerenciales sistemáticos, se esperaba encontrar en Petrobras grandes diferencias en los proveedores variables y en los activos fijos. Pero, en contra de lo que se esperaba, los activos fijos cumplían con la Ley de Benford, y los proveedores tenían pequeñas discrepancias. Por consiguiente, se concluyó que no hay conformidad significativa de los primeros dígitos de los indicadores de red flags, en relación con la Ley de Benford. Por lo tanto, se requieren estudios de detección de fraudes mucho más profundos (Gava & Vitiello, 2014).

En el caso de la empresa argentina, la base de datos contaba con ocho módulos informáticos que contiene cada uno datos de entre 3 y 12 años de operatoria. Los resultados obtenidos, fueron que la Ley de Benford se ajustaba total o parcialmente a las cifras. Aunque, sí existían algunas desviaciones, no parecen muy significativas a excepción del número 6, que de acuerdo con la ley debería tener un registro de 6.7% y en su lugar muestra uno de 12.8%.

Por su lado, la prueba de bondad de ajuste muestra que tanto el conjunto total de datos como el análisis para cada uno de los módulos se ajusta a la Ley de Benford. Esto no ocurre con el análisis de El test de la Desviación Absoluta Media (MAD), que es favorable para el conjunto total de datos; pero para el análisis por módulos, no permite que se afirme que siguen la Ley de Benford. Esto se debe a que no se cuenta con la cantidad suficiente de datos, uno de los limitantes de esta ley (Morales, Diaz, & Castello, 2018).

A su vez, investigar estos tipos de fraudes en empresas se ha convertido en algo fundamental, en el contexto de globalización por el que atraviesa la economía, donde los acontecimientos que ocurran en un país pueden tener repercusiones en todo el mundo. En las últimas crisis internacionales, se ha evidenciado que la manipulación de los precios de venta o elementos de los estados financieros, contribuyen al conflicto económico y social en ciertos países, y estos a su vez, afectan a los demás.

Por todo lo anterior, se realizó un estudio de las compañías comerciales mayoristas, durante el periodo comprendido entre el 2009 y 2015 en el país de Hungría. Los resultados, evidenciaron que algunos de los estados financieros de las empresas comerciales mayoristas, no satisfacían la Ley de Benford. Esto, puede ayudar a que las autoridades húngaras comprendan que la detección de fraudes es un elemento significativo en el análisis del posible

éxito de las políticas fiscales, para resolver y/o detectar las futuras crisis financieras (Máté, Sadaf, Tarnóczy, & Fenyves, 2017).

Un estudio similar, se realizó en las 500 principales empresas de Europa central y oriental, con un conjunto de datos que contenía 1500 registros del periodo comprendido entre el 2007 y 2009. La prueba está basada, en los subconjuntos de ganancias y pérdidas de ingresos netos y los valores absolutos de ingresos netos. Los resultados que se obtuvieron basándose en la prueba del primer dígito, evidencian que los valores de ingresos netos positivos, negativos y absolutos durante el periodo de tiempo analizado, se ajustan a la Ley de Benford. Lo anterior, refleja una vez más, que esta ley es una herramienta útil para descubrir posibles manipulaciones y desviaciones en conjuntos de datos específicos (Zgela & Dobsa, 2011).

Por otro lado, otro caso muy interesante donde se ha aplicado la Ley de Benford, es en una investigación que consistía en identificar el fraude en las investigaciones científicas, donde existen incentivos como son la necesidad de obtener fondos y/o esquivar la presión generada por la publicación. Para esto, se utilizó un grupo de aproximadamente 1000 artículos de investigación, publicados en dos revistas económicas. Se aplicó la ley de Benford en los segundos dígitos de los coeficientes de regresión y los errores estándar. La prueba rechazó la ley en aproximadamente el 10% de los artículos. Sin embargo, cuando se probaron los primeros dígitos, se produjeron violaciones de esta ley en aproximadamente el 25% de los artículos (Tödter, 2009).

Desde otro punto de vista, se realizó un estudio enfocado en inversiones, cuyo objetivo es detectar, si existe una posible manipulación de datos en los informes de fondos mutuos de inversión, analizando un grupo de 10.314 fondos mutuos originarios de 39 países en el año 2014. Los datos utilizados en la investigación incluyen el “Fund Size” obtenidos de

las compañías de fondos mutuos y las cifras de capitalización de mercados obtenidas por la bolsa de valores. Después de aplicar la Ley de Benford, los resultados evidencian que los datos entregados por las compañías de fondos mutuos, los cuales son altamente susceptibles a manipulación, no se ajustan a la Ley. Por otro lado, las cifras de capitalización de mercados, los cuales no se pueden manipular, se ajusta a la Ley.

Teniendo estos resultados en mente, se realizó una segunda prueba donde se dividieron los datos “Fund Size” en dos grupos: en el grupo 1 las cifras de mercado están disponibles, y en el grupo 2 no lo están. Los resultados demuestran que los “Fund Size” con los datos de mercado disponibles (grupo 1) se ajustan a la Ley de Benford, a diferencia del grupo dos. Por consiguiente, se puede concluir que las cifras que se encuentran disponibles en el mercado son menos susceptibles a la manipulación, y directamente al fraude (Zheng, Glass, & Olinsky, 2017).

Continuando por esta misma línea de investigación, se procedió a realizar un análisis con el objetivo de probar la confiabilidad de los informes financieros en los países en desarrollo. En la investigación se hace uso de la prueba de la Ley de Benford, con el objetivo de evaluar si el índice global de precios recopilados por el Financial Times Security Exchange de algunos datos financieros, contiene algunos errores en sus valores. Para esto, hicieron uso de los datos de retorno (log-return) mensual de 6 países en vía de desarrollo desde el punto de vista del producto interno bruto. Los países utilizados fueron China, Brasil, India, México, Indonesia, Turquía. Dicha investigación se hace en 10 diferentes sectores industriales de estos 6 países en un periodo de 15 años.

La prueba de Benford se analiza mediante la utilización de la prueba χ^2 y los gráficos de barra demuestran que todas las industrias analizadas tienen distribuciones diferentes de la distribución esperada por la Ley de Benford. A pesar de esto, se detecta que hay varios datos

que visiblemente presentan varias anomalías y que deben ser eliminados antes de realizar correctamente el cálculo de la Ley de Benford porque pueden traer resultados erróneos.

Efectivamente, después de la eliminación de los valores anormales del índice de precios, se obtiene como respuesta una distribución un poco más similar a la de la Ley de Benford, algo que es verificado nuevamente con las medidas de distancia entre las distribuciones (Shi, Ausloos, & Zhu, 2017).

El anterior análisis, nos permite percatarnos de que precisamente como afirmaba el paper de Durtschi, Hillison, & Pacini (2004), este test no debería ser utilizado como primera medida por auditores, pues es necesario que pruebas técnicas de contabilidad complementaria sean utilizadas antes de decidir si algunos datos son falsos o erróneos. Por tanto, siempre hay que asegurarse antes de la fiabilidad de los datos.

En un ámbito más público, la Ley de Benford ha sido implementada en estudios acerca de la financiación de campañas electorales, y también en posibles fraudes presentes en las empresas del sector público de Malasia y Croacia. Teniendo presente, que el fraude es una actividad ilegal que puede afectar tanto al sector público como el sector privado, la detección, investigación y medidas preventivas son sumamente importantes.

En el caso de Malasia se evaluaron 500 datos contables de agencias del sector público utilizando las pruebas First Digit, Second Digit, First Two Digit, First-THREE digit Y Last-Two Digit; para iluminar al lector sobre la utilidad de la Ley de Benford como medida de prevención, herramienta para monitorear y detectar posibles incidentes o fraudes. Los resultados demuestran anomalías en las cuentas de las agencias del sector público de Malasia, lo cual expone que el sistema de cuentas por pagar, por ejemplo, puede ser distorsionado con el propósito de maximizar ilícitamente sus necesidades (Aris, Othman, Bukhori, Arif, & Malek, 2017).

En Croacia por su parte, se aplicaron los métodos estadísticos basados en la distribución de Benford, específicamente en las estadísticas Z y X^2 . En las cifras contables, la Ley de Benford evidenció que los datos financieros de las grandes empresas públicas y estatales líderes en Croacia, cumplen en promedio con la ley, no obstante, se encontraron indicios de manipulación de informes al nivel de significancia del 1%, señales de correlación de la desviación de la Ley de Benford y pérdidas reportadas, lo que indica posibilidades de fraude. Este resultado evidenció la falta de regulación por parte de las Oficinas de Auditoría, lo cual permitió concluir que la incorporación de métodos estadísticos, incluida la Ley de Benford, podría mejorar la eficacia y eficiencia de las auditorías a estas grandes empresas públicas (Slijepcevic & Blaskovic, 2013).

En cuanto a los estudios acerca de la financiación de campañas electorales, se hace un análisis de los diferentes datos que se encuentran en el financiamiento de estas, campo que siempre se ha visto permeado por acusaciones de fraude, trampas y corrupción. Durante este estudio se analizaron las contribuciones en especie que se llevan a cabo en las campañas electorales.

En primer lugar, se realizaron representaciones gráficas de la conformidad de los datos de acuerdo con los valores esperados de la Ley de Benford, para ser más precisos, se realizó la prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado. Puesto que, esta prueba es rígida y sensible al tamaño de la muestra. En segundo lugar, se procede a realizar la prueba de distancia euclidiana la cual no está conectada a un marco de prueba de hipótesis y es insensible al tamaño de la muestra. Los resultados obtenidos presentaron algunas irregularidades que necesitan de una inspección más cuidadosa de los sistemas de fraudes electorales, para así garantizar su transparencia (Tam Cho & Gaines, 2012).

Otra investigación que se ha realizado con la Ley de Benford es aquella relacionada con los CDS o en español las permutas de incumplimiento crediticio. Desde comienzos de la crisis financiera e hipotecaria del 2008 uno de los campos del comercio que ha tenido un crecimiento exponencial es el mercado de derivados. Un derivado es un producto financiero de gran importancia para la creación de un negocio, debido a que estos pueden aportar liquidez. En el caso, los CDS son un seguro que protege al tenedor del riesgo de impago de un préstamo o de un activo financiero. Con respecto a estos, ya existe evidencia anecdótica de que algunos bancos manipularon sus precios, por ello se realizó una investigación con el fin de verificar la calidad y la credibilidad de los datos de CDS (Ausloos, Castellano, & Cerqueti, 2016).

Para esto, fue utilizado un conjunto de datos recopilado por Thomson Reuter de los CDS Soberanos Compuestos de 13 países europeos de 2008 a 2015. Estos se calcularon mediante una agregación estándar de los precios aportados por los principales creadores de mercado. Para el análisis y la evaluación estadística de la cercanía entre la distribución observada de dígitos y los valores correspondientes de la Ley de Benford, se procedió primero con una prueba de χ^2 durante todo el período y durante cuatro subperíodos, para luego realizar las pruebas de la distancia de Chebyshev y la divergencia de Kullback y Leibler, con el objetivo de rastrear la consistencia en las frecuencias observadas con las asociadas a la Ley de Benford.

Los resultados que se obtuvieron, fue que los contratos más líquidos como los de cinco años se pueden manipular con mayor facilidad, y el análisis de subperíodos proporciona más información sobre cuándo los datos muestran una mayor desviación de la Ley de Benford. También, se pudo observar que la distribución de los datos sugiere que después del año 2010, estos han podido ser objeto de manipulación. A la vez, se encontraron indicios de

que las cotizaciones de CDS de economías centrales han sido manipuladas, con evidencia creciente durante la crisis de la deuda europea. (Ausloos, Castellano, & Cerqueti, 2016).

Entrando en el ámbito económico, se realizó una investigación enfocada en analizar si los cambios en los niveles de inflación tienen un impacto en la posible existencia de fraude en los estados financieros. Se analizaron 1.259 balances trimestrales de empresas brasileñas desde 1986 hasta el 2009, periodo que contiene una temporada de alta inflación (1986-1994) y de baja inflación (1994-2009).

Después de aplicar la Ley de Benford, los resultados obtenidos muestran que el periodo de baja inflación se ajusta mejor a la Ley que el periodo de alta inflación. Esto se explica debido a que los altos niveles de inflación pueden distorsionar el balance general, dificultando el proceso de auditoría y, por tanto, reduciendo la transparencia del mismo. Por otra parte, después de 1995 se excluyeron los ajustes inflacionarios de los balances financieros (periodo de baja inflación), lo cual aumentó la claridad de los estados. Por consiguiente, se puede concluir que los balances financieros son más transparentes y confiables cuando la economía se encuentra en un periodo de baja inflación (Gava & Vitiello, 2014).

En cuanto a los índices bursátiles tanto el Down-Jones como el Standard & Poor's 500 han sido objeto de investigación usando como instrumento la Ley de Benford. Un análisis reciente, buscó también encontrar un patrón de comportamiento de las series diarias del IBEX-35 y comprobar si estas siguen la distribución de la Ley de Benford. Para realizar esto, se partió del contraste de bondad de ajuste de la Chi-cuadrado, pero a la vez, se hizo uso de estadísticos que son menos sensibles, como el estadístico de kolmogorov o el de kuiper.

Para este estudio, se usó un fichero de la sociedad de bolsas que tiene los datos desde el 14 de enero de 1992 hasta el 26 de febrero del 2010, lo que corresponde a un total de 4.564

datos. Los resultados obtenidos fueron que se debe rechazar la hipótesis nula, que los dígitos 1 y 2 tienen frecuencias relativas más elevadas de lo que dicta la Ley de Benford, y se compensan con las frecuencias de los dígitos 6,7,8 y 9. Esta evidencia va en contra de la hipótesis de los mercados eficientes, ya que las principales variables bursátiles deberían seguir la Ley de Benford por lo menos en su primer y segundo dígito. Por consiguiente, no es posible afirmar la presencia de fraude de ningún tipo, ya que probablemente estos resultados se deben al comportamiento de los diferentes inversores, pero sí puede servir como primera alerta para realizar una investigación más exhaustiva (Alvarez-Jareño, 2010).

Por último, un estudio realizado en Ecuador que guarda gran similitud con la investigación que se está realizando con el presente trabajo de grado, tiene como objetivo aplicar la Ley de Benford para así buscar indicios de evasión de impuestos en los datos fiscales. Esto se debe, a que según datos de la CEPAL en América Latina la evasión tributaria se encuentra entre el 40% y el 65% representando la pérdida de al menos 4.6 puntos del PIB cada año.

Los datos utilizados para el estudio corresponden a las declaraciones de impuesto de renta de personas naturales y jurídicas de Ecuador para el año fiscal 2014. Se emplearon tres formularios de declaración: el primero, corresponde a las sociedades en donde se tuvieron en cuenta variables como activos, pasivos, ingresos y costos; el segundo, corresponde a personas naturales con alguna actividad económica y el último, aplicado a empleados bajo relación de dependencia (Macias & Igua, 2018).

El análisis arrojó como resultado que el formulario correspondiente a sociedades sigue la distribución señalada por la Ley de Benford, debido a que estas requieren la auditoría de un contador y tienen una mayor posibilidad de ser vigilados si no se rigen de acuerdo con la Ley y las consecuencias serán de mayor gravedad. Por el contrario, se observaron comportamientos irregulares en el formulario correspondiente a las personas naturales. Es

posible que lo anterior se deba a que, en Ecuador, una gran parte de las personas naturales practican la evasión de impuestos, sobretodo en el impuesto a la renta.

Condensando la revisión de literatura recopilada, se llegó a una conclusión general en la que todos los estudios concuerdan; y es que aunque la Ley de Benford solo constituye una herramienta para detectar anomalías y no se debe utilizar para asegurar la existencia de algún fraude de forma concluyente, utilizada correctamente, puede ayudar a identificar documentos en los que posiblemente haya presencia de algún tipo de manipulación, por lo cual necesitan una inspección más detallada. Por tanto, funciona como un mecanismo de control sobre la veracidad de la información en las investigaciones económicas de una manera rápida, práctica y confiable.

3. Datos

El grupo de variables utilizadas aquí es una base de datos obtenida de la Superintendencia de sociedades, que contiene información sobre el ingreso y consumo de insumos a nivel de firma de los diferentes sectores económicos.

La Superintendencia de sociedades, un organismo técnico, adscrito al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo encargado de supervisar las corporaciones colombianas, provee información sobre el ingreso y consumo de insumos. Esto, a través del sistema de Información y Riesgo Empresarial (SIREM). Los datos se encuentran en una frecuencia anual y son auto reportados por las firmas. Se tuvieron en cuenta los datos comprendidos en el periodo 2008-2015.

De esta base de datos se seleccionaron cinco sectores económicos: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca; explotación de minas y canteras; construcción; comercio al por mayor, al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas; e información y comunicaciones. La clasificación se realiza teniendo en cuenta los más

recientes casos de fraude detectados por la Dian en los años comprendidos para esta investigación¹. Aunque, la Superintendencia de sociedades y la Dian son entidades independientes, la información que las empresas reportan debe ser la misma para ambos entes.

De los balances generales de las empresas pertenecientes a estos sectores económicos, se utilizaron, como variables de investigación, siete cuentas contables: proveedores, costo de venta y de prestación de servicios, gastos operacionales de administración, costos operacionales de ventas, caja, materias primas, y productos en proceso.

A continuación, la descripción de las cuentas contables:

- **Proveedores:** es una cuenta por pagar a las empresas o personas naturales que proveen a la firma materias primas, insumos, mercancías, y/o servicios; necesarios para su funcionamiento.
- **Costos de venta y de prestación de servicios:** es una cuenta que funciona según la actividad económica de la empresa. Si es una comercializadora, el costo de venta corresponde al valor de compra de la mercancía; si es una firma productora, su costo de venta está compuesto por el comportamiento de las materias primas, el porcentaje del inventario en proceso que hace parte del costo, y los costos indirectos de fabricación (CIF); y si la empresa es prestadora de servicios, el costo de venta es su gasto de operación.
- **Gastos operacionales de administración:** es una cuenta mayor que se divide en las siguientes subcuentas: gastos de nómina, honorarios administrativos, arrendamiento, póliza de seguros, servicios, gastos legales, gastos de mantenimiento, reparaciones

¹ Artículo de la revista Semana “La exitosa receta de la Dian contra la evasión” 03/09/2014.

locativas, gastos de viaje, depreciaciones, y diversos. Contiene todos los gastos necesarios para el correcto funcionamiento del área administrativa de la firma.

- **Gastos operacionales de ventas:** es una cuenta mayor que se divide en las mismas subcuentas de los gastos operacionales de administración, pero estos contienen la proporción de los gastos destinados al correcto funcionamiento del departamento de ventas.
- **Caja:** Es una cuenta que se divide a sí misma en las subcuentas caja general, cajas menores y moneda extranjera. En esta, se registra la existencia de dinero en efectivo, cheques o transferencias electrónicas con las que cuenta la empresa y que están disponibles de manera inmediata
- **Materias primas:** Es una cuenta que se encuentra dentro del grupo de inventarios y que registra el valor de los elementos adquiridos nacional o internacionalmente para el uso en el proceso de Producción y que requieren de una transformación.
- **Productos en proceso:** Al igual que la cuenta de materias primas, esta cuenta se encuentra dentro del grupo de inventarios. Esta registra el costo de los productos semielaborados, que ya han pasado por un proceso de transformación y que han incurrido en costos de materiales, mano de obra y costos indirectos de fabricación, pero que todavía no están terminados.

4. Metodología

Para realizar el siguiente trabajo, se recurrió al uso del software estadístico Rstudio, el cual cuenta con un paquete de funciones específicas para el análisis de la Ley de Benford.

Dicho paquete, fue modificado y reprogramado con el fin de obtener la evaluación de tanto el primero como el segundo dígito.

Se dice que un conjunto de datos cumple la Ley de Benford si, por ejemplo, la primera cifra de cada dato es igual a d con probabilidad

$$p(X = d) = \log_{10} \left(1 + \frac{1}{d} \right) = \log_{10}(d + 1) - \log_{10}(d)$$

donde $d \in \{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$. En el caso de la segunda cifra, la función de distribución de Benford es

$$p(X = d) = \sum_{i=1}^9 \log_{10} \left(1 + \frac{1}{10k + d} \right)$$

donde $d \in \{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$.

Para saber si un conjunto de datos cumple la ley en cuestión, se debe contrastar si las frecuencias relativas observadas de la primera y segunda cifra de estos datos son estadísticamente diferentes de las probabilidades teóricas, dadas por las anteriores distribuciones. En aras de este objetivo, Benford demostró que el estadístico

$$\chi_D^2 = n \sum_{i=1}^D \frac{(\hat{p}(X = d) - p(X = d))^2}{p(X = d)}$$

sigue una distribución chi-cuadrado con $D - 1$ grados de libertad. Aquí, $\hat{p}(X = d)$ representa la frecuencia relativa observada asociada al dígito d , $p(X = d)$ es la probabilidad teórica, dada por la ley de Benford, y n es el tamaño de la muestra. Por otro lado, D representa el número de dígitos posibles, el cual es igual a 9 cuando se está trabajando con la primera cifra

e igual a 10 en el caso de la segunda cifra. Cuando el estadístico es más grande que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula de que el conjunto de datos analizado sigue la distribución de Benford, en caso contrario, no se rechaza que los datos siguen esta ley.

El contraste anterior evalúa si la distribución de la primera o segunda cifra es estadísticamente diferente de la distribución teórica. No obstante, también es posible contrastar si cada uno de los valores que puede tomar el primer o segundo dígito ocurre con la frecuencia esperada (o teórica). Esto se lleva a cabo con el siguiente estadístico:

$$\chi_1^2 = n \frac{(\hat{p}(X = d) - p(X = d))^2}{p(X = d)}$$

el cual sigue una distribución chi-cuadrado con 1 grado de libertad. La regla de decisión es similar a la del contraste anterior.

5. Interpretación de resultados

A continuación, se presentan los resultados y las interpretaciones de las pruebas realizadas en el programa econométrico Rstudio. Donde, se aplicó la Ley de Benford al primer y segundo dígito de cada cuenta seleccionada previamente, de los balances financieros y estados de resultados de las super sociedades pertenecientes a los cinco sectores económicos delimitados para esta investigación.

Las cuentas seleccionadas son: proveedores, costo de venta y de prestación de servicios, gastos operacionales de administración, costos operacionales de ventas, caja, materias primas, producto en proceso.

5.1. Proveedores

```
Test Chi Cuadrado para el Primer Dígito
data: datosfinales$Proveedores
```

chisq = 8.6425, p-value = 0.3733

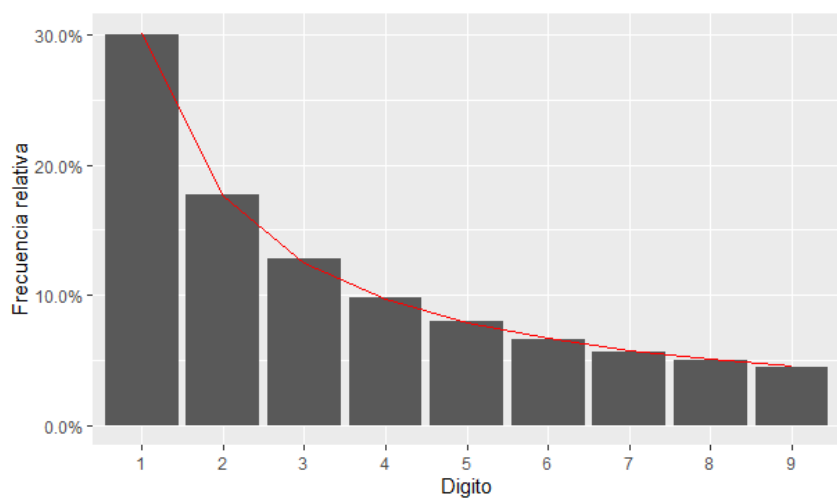
Test Chi Cuadrado para el Segundo Dígito

data: datosfinales\$Proveedores

chisq = 13.452, p-value = 0.1432

Ho: Los datos cumplen con la Ley de Benford	Grados de libertad 0,05
H1: Los datos no cumplen con la Ley de Benford	

Gráfica 1: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Proveedores"



Fuente: Cálculos propios, programa Rstudio, basados en los datos de las Super sociedades

En la cuenta de “Proveedores” para el primer y segundo dígito se acepta la hipótesis nula con 5% de significancia, pues el valor-P es mayor a 0,05. Por tanto, los datos cumplen con la Ley de Benford. La cuenta en cuestión no sufre de alteraciones.

5.2. Costo de venta y de prestación de servicios

Test Chi Cuadrado para el Primer Dígito

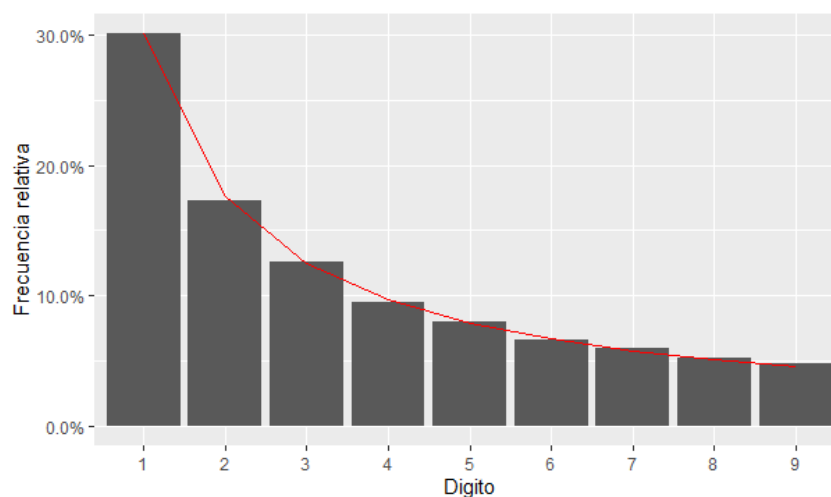
data: datosfinales\$`Costo de venta y de prestacion de servicios`
 chisq = 10.548, p-value = 0.2287

Test Chi Cuadrado para el Segundo Dígito

data: datosfinales\$`Costo de venta y de prestación de servicios`
 chisq = 6.8398, p-value = 0.6538

H₀: Los datos cumplen con la Ley de Benford	Grados de libertad 0,05
H₁: Los datos no cumplen con la Ley de Benford	

Gráfica 2: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Costo de venta y de prestación de servicios"



Fuente: Cálculos propios, programa Rstudio, basados en los datos de las Super sociedades

En la cuenta de “Costo de venta y de prestación de servicios” para el primer y segundo dígito se acepta la hipótesis nula con 5% de significancia, pues el valor-P es mayor a 0,05. Por tanto, los datos cumplen con la Ley de Benford. La cuenta en cuestión nos sufre de alteraciones.

5.3. Gastos operacionales de administración

Test Chi Cuadrado para el Primer Dígito

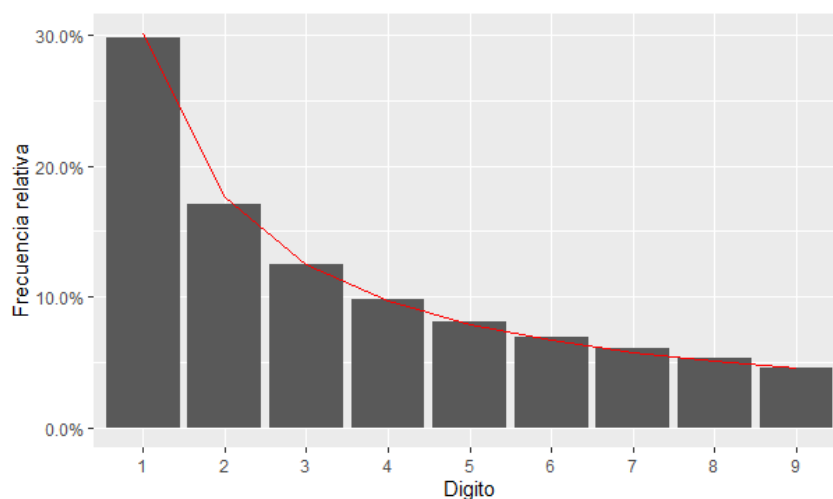
```
data: datosfinales$`Gastos operacionales de administracion`
chisq = 28.282, p-value = 0.0004235
```

Test Chi Cuadrado para el Segundo Dígito

```
data: datosfinales$`Gastos operacionales de administracion`
chisq = 3.846, p-value = 0.9213
```

Ho: Los datos cumplen con la Ley de Benford	Grados de libertad 0,05
H1: Los datos no cumplen con la Ley de Benford	

Gráfica 3: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Gastos operacionales de administración"



Fuente: Cálculos propios, programa Rstudio, basados en los datos de las Super sociedades

En la cuenta de “Gastos operacionales de administración” para el primer dígito se rechaza la hipótesis nula con 5% de significancia, pues el valor-P es menor a 0,05. Pero, para el segundo dígito se acepta la hipótesis nula con 5% de significancia, pues el valor-P es mayor a 0,05.

Siguiendo los parámetros de la Ley de Benford, para considerar que los datos tienen una distribución “normal” se debe cumplir la ley en los dos dígitos, de lo contrario si suponen irregularidades en los datos. Por tanto, se puede concluir que los datos no cumplen con la Ley de Benford.

Esta cuenta puede ser alterada creando gastos operacionales inexistentes y, siguiendo el patrón de la cuenta anterior, generar una disminución en la utilidad buscando reducir el pago de impuestos. Además, de generar excusas para realizar retiros de dinero.

5.4. Gastos operacionales de ventas

Test Chi Cuadrado para el Primer Dígito

```
data: datosfinales$`Gastos operacionales de ventas`
```

```
chisq = 38.717, p-value = 5.546e-06
```

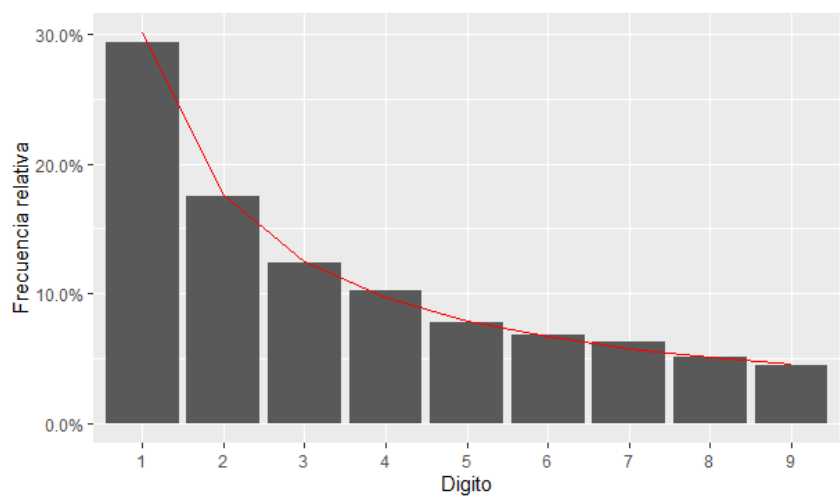
Test Chi Cuadrado para el Segundo Dígito

```
data: datosfinales$`Gastos operacionales de ventas`
```

```
chisq = 5.9428, p-value = 0.7456
```

Ho: Los datos cumplen con la Ley de Benford	Grados de libertad 0,05
Hi: Los datos no cumplen con la Ley de Benford	

Gráfica 4: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Gastos operacionales de ventas"



Fuente: Cálculos propios, programa Rstudio, basados en los datos de las Super sociedades

En la cuenta de “Gastos operacionales de ventas” para el primer dígito se rechaza la hipótesis nula con 5% de significancia, pues el valor-P es menor a 0,05. Pero, para el segundo dígito se acepta la hipótesis nula, pues el valor-P es mayor a 0,05. Siguiendo la lógica de la Ley de Benford (explicada anteriormente), se puede concluir que los datos no cumplen con la ley.

Esta cuenta puede ser alterada creando costos operacionales inexistentes y, siguiendo el patrón de la cuenta anterior, generar una disminución en la utilidad buscando reducir el pago de impuestos. Además, de generar excusas para realizar retiros de dinero.

5.5. Caja

Test Chi Cuadrado para el Primer Dígito

```
data: datosfinales$Caja
```

```
chisq = 215.18, p-value < 2.2e-16
```

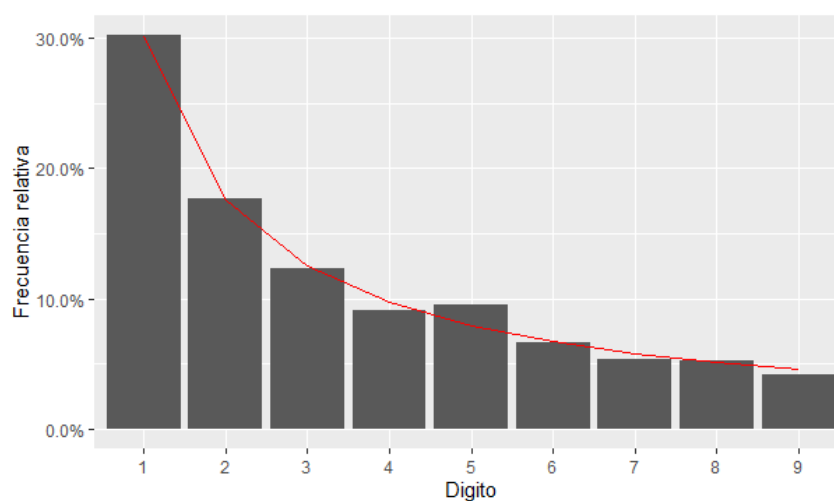
Test Chi Cuadrado para el Segundo Dígito

data: datosfinales\$Caja

chisq = 5745.1, p-value < 2.2e-16

H₀: Los datos cumplen con la Ley de Benford	Grados de libertad 0,05
H₁: Los datos no cumplen con la Ley de Benford	

Gráfica 5: Aplicación de la Ley de Benford a la cuenta "Caja"



Fuente: Cálculos propios, programa Rstudio, basados en los datos de las Super sociedades

En la cuenta “Caja” para el primer y segundo dígito se rechaza la hipótesis nula con un 5% de significancia, pues el valor-P es menor a 0,05. Por tanto, los datos no cumplen con la Ley de Benford.

Esta cuenta puede ser objeto de manipulación, fundado en la búsqueda de disminuir la liquidez de la empresa al igual que sus activos, con el objetivo de no poder sacar dinero de esta parte para el pago de obligaciones y préstamos de la compañía y recurriendo por lo tal al retiro de la parte del capital.

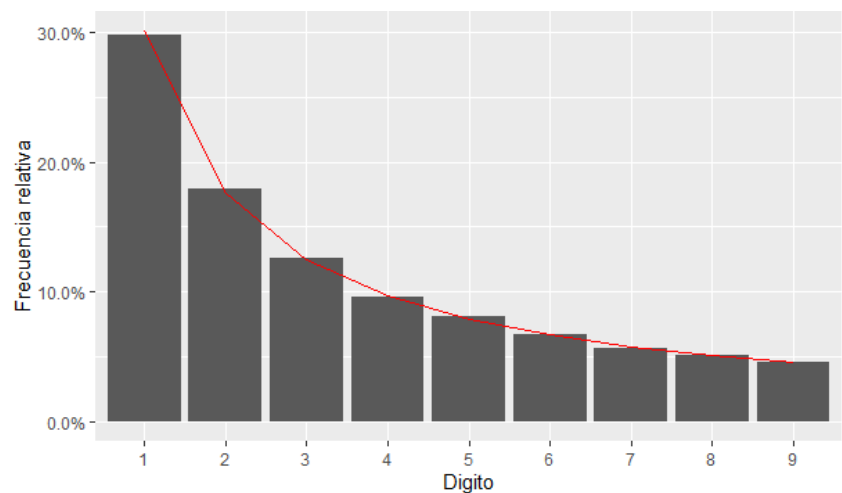
5.6. Materias primas

Test Chi Cuadrado para el Primer Dígito
 data: datosfinales\$`Materias primas`
 chisq = 5.312, p-value = 0.7238

Test Chi Cuadrado para el Segundo Dígito
 data: datosfinales\$`Materias primas`
 chisq = 29.292, p-value = 0.0005784

Ho: Los datos cumplen con la Ley de Benford	Grados de libertad 0,05
H1: Los datos no cumplen con la Ley de Benford	

Gráfica 6: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Materias Primas"



Fuente: Cálculos propios, programa Rstudio, basados en los datos de las Super sociedades

En la cuenta de “Materias primas” para el primer dígito se acepta la hipótesis nula con 5% de significancia, pues el valor-P es mayor a 0,05. Pero, para el segundo dígito se rechaza la hipótesis nula, pues el valor-P es menor a 0,05. Siguiendo la lógica de la Ley de Benford (explicada anteriormente), se puede concluir que los datos no cumplen con la ley.

Esta cuenta puede ser objeto de manipulación de dos maneras diferentes, pero con un mismo objetivo. Por un lado, esta puede ser disminuida (justificado con un sobrecosto en el procesamiento del pedido, el seguimiento de la orden, o la recepción de la compra en almacén) generando un incremento en el costo, el cual se verá evidenciado en una disminución de la utilidad, y, por tanto, una reducción del pago de impuestos. Por otro lado, también puede ser alterada, provocando por el contrario un aumento de esta, que implicaría a su vez, mayores costos de almacenamiento y bodega, ocasionando así, un incremento en el costo, que al igual que en la otra ocasión, disminuirá la utilidad.

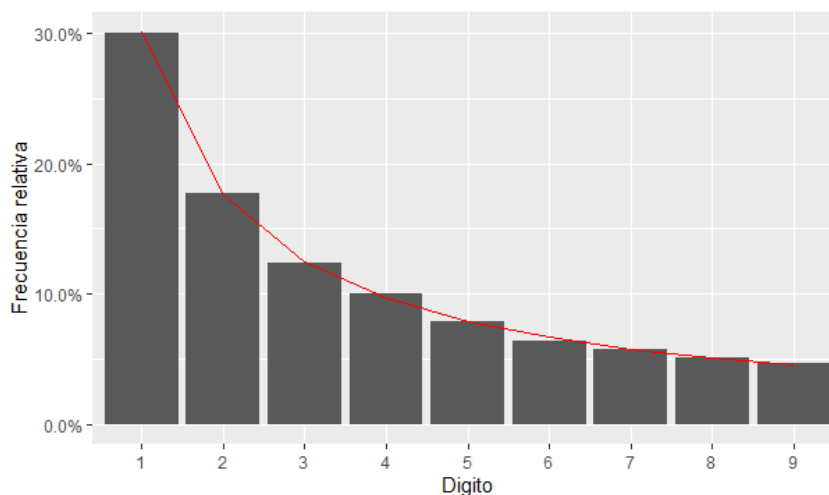
5.7. Productos en proceso

Test Chi Cuadrado para el Primer Dígito
 data: datosfinales\$`Productos en proceso`
 chisq = 5.4223, p-value = 0.7116

Test Chi Cuadrado para el Segundo Dígito
 data: datosfinales\$`Productos en proceso`
 chisq = 6.2242, p-value = 0.7173

Ho: Los datos cumplen con la Ley de Benford	Grados de libertad 0,05
H1: Los datos no cumplen con la Ley de Benford	

Gráfica 7: Aplicación de la Ley de Benford en la cuenta "Producto en proceso"



Fuente: Cálculos propios, programa Rstudio, basados en los datos de las Super sociedades

En la cuenta de “Producto en proceso” para el primer Y segundo dígito se acepta la hipótesis nula con 5% de significancia, pues el valor-P es mayor a 0,05. Por tanto, los datos cumplen con la Ley de Benford. La cuenta en cuestion no presenta alteraciones.

6. Conclusiones

A partir de las pruebas e interpretaciones realizadas, se puede evidenciar que cuatro de las siete cuentas analizadas en este trabajo, no cumplen con la Ley de Benford. Esto significa que no se está respetando completamente la distribución teórica, en algunos casos del primer dígito y en otros del segundo, en los valores estudiados. Las cuentas que no cumplen con dicha Ley son: Gastos operacionales de administración, gastos operacionales de venta, caja y materias primas.

Teniendo en cuenta lo explicado en la revisión de literatura, la Ley de Benford es una herramienta utilizada para la detección de posibles fraudes financieros dentro de las compañías. Por tanto, los resultados obtenidos en esta investigación señalan la presencia de posibles alteraciones en las cuentas más representativas del balance general, de empresas

pertenecientes a los siguientes sectores económicos: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca; explotación de minas y canteras; construcción; comercio al por mayor, al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas; e información y comunicaciones.

Las alteraciones evidenciadas pueden deberse a manipulación por parte de las empresas en sus principales indicadores de situación financiera, con el propósito de declarar una menor cuantía en utilidades y, de esta forma, evadir impuestos. Por otra parte, las compañías alteran su información financiera con la intención de presentar el escenario deseable de un balance general, con el objetivo de acceder a algún préstamo, o ganar licitaciones. Finalmente, esta situación podría deberse a un desfaldo interno de la empresa, patrocinado por los directivos o por empleados con el poder de perturbar los datos presentados a contabilidad.

Cabe resaltar que con este procedimiento no se puede afirmar, de ninguna manera, que las empresas de los sectores estudiados efectivamente estén cometiendo fraude financiero; pero si es útil como un fuerte indicador de que se están presentando comportamientos anómalos en estas cuentas y, por tanto, se deben revisar más a detalle.

En conclusión, la presente investigación debe ser utilizada como un indicador o alerta, que evidencia la importancia y la necesidad de realizar una revisión exhaustiva a los informes financieros presentados por las empresas colombianas pertenecientes a los sectores económicos en cuestión; y en general, a todas aquellas que declaran a la Superintendencia de Sociedades. Lo anterior, debido a que estas pueden estar desfalcando al Estado y a la Dian a través de la evasión de impuestos o, por el contrario, puede ocurrir que se esté presentando algún tipo de anomalía al interior de la compañía.

7. Bibliografía

- Alvarez-Jareño, J. A. (2010). Distribución del primer dígito en los rendimientos del IBEX-35.
- Aris, N. A., Othman, R., Bukhori, M. M., Arif, S. M., & Malek, M. A. (2017). Detecting Accounting Anomalies Using Benford's Law: Evidence from the Malaysian Public Sector. *MANAGEMENT & accounting review*.
- Ausloos, M., Castellano, R., & Cerqueti, R. (2016). Regularities and discrepancies of credit default swaps: a data science approach through Benford's law. *Chaos, Solitons and Fractals*, 8-17.
- Ávila Valenzuela, M. (2018). Consecuencias de la Evasión Fiscal. *Revista De Investigación Académica Sin Frontera: División De Ciencias Económicas Y Sociales*, (12).
Recuperado a partir de
<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com/sistema/index.php/RDIASF/articulo/view/52>
- Benford, F. (1938). "The law of anomalous numbers". Proceedings of the American Philosophical Society, Vol. 78, págs. 551-572.
- Durtschi, C., Hillison, W., & Pacini, C. (2004). The Effective Use of Benford's Law to Assist in Detecting Fraud in Accounting Data. *Journal of Forensic Accounting*, págs. 17-34.
- Gava, A. M., & Vitiello, L. (2014). Inflation, Quarterly Balance Sheets and the Possibility of Fraud: Benford's Law and the Brazilian case. *Journal of Accounting – Business & Management*, págs. 43-52.
- Gava, A., & Vitiello, L. (2014). *Inflation, Quarterly Balance Sheet and the Possibility of Fraud: Benford's Law and the Brazilian case*. Journal of Accounting-Business and Management vol. 1.

Hill, T. P. (1995a). Base-invariance implies Benford's law. *American Mathematical Society*, 123 (3), 887–895.

KPMG (2018). Encuesta de Fraude en Colombia 2017 [en línea]. Recuperado a partir de:
<https://public.tableau.com/profile/kpmgco/vizhome/EncuestadeFraudeenColombia2017/Historia1>.

Macias, A. O., & Igua, S. T. (2018). Encontrando datos anómalos en la tributación, aplicación de la ley de Benford en el impuesto a la renta en Ecuador. *Quinquenio de la escuela de Estadística en la Universidad del Valle, Colombia*. Cali.

Máté, D., Sadaf, R., Tarnóczy, T., & Fenyves, V. (2017). FRAUD DETECTION BY TESTING THE CONFORMITY TO BENFORD'S LAW IN THE CASE OF WHOLESALE ENTERPRISES. *POLISH JOURNAL OF MANAGEMENT STUDIES*.

Morales, H. R., Diaz, C. B., & Castello, R. J. (2018). LA LEY DE BENFORD APLICADA A UNA BASE DE DATOS. POSIBLE INDICADOR DE RIESGO INHERENTE DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA. *47º JORNADAS ARGENTINAS DE INFORMÁTICA - JAIIO Simposio Argentino de Grandes Datos (AGRANDA 2018)*.

Nigrini, M. J. (1996). A taxpayer compliance application of Benford's Law. *The Journal of the American Taxation Association*, 18 (1), 72-91.

Revista Semana (2014). La exitosa receta de la Dian contra la evasión. *Semana*. Recuperado desde: <https://www.semana.com/economia/articulo/la-dian-trabaja-contra-la-evasion-de-impuestos/381895-3>.

Shi, J., Ausloos, M., & Zhu, T. (1 de 10 de 2017). Benford's law first significant digit and distribution distances for testing the reliability of financial reports in developing countries. *Physica A*, págs. 878-888.

Slijepcevic, S., & Blaskovic, B. (2013). Statistical detection of fraud in the reporting of Croatian public companies. *Financial Theory and Practice*.

Tam Cho, W. K., & Gaines, B. J. (2012). Breaking the (Benford) Law. *American Statistician*, 218-223.

Tödter, K.-H. (2009). Benford's Law as an Indicator of Fraud in Economics. *German Economic Review*, 339–351.

Zgela, M., & Dobsa, J. (2011). Analysis of Top 500 Central and East European Companies Net Income Using Benford's Law. *JOURNAL OF INFORMATION AND ORGANIZATIONAL SCIENCES*.

Zheng, Y., Glass, R., & Olinsky, A. (2017). An Application of Benford's Law to Detect Data Misrepresentation in Mutual Fund Reporting. *Academy of Business Research Journal*.