



**LA LEY DE BENFORD COMO MÉTODO PARA DETECTAR  
EVIDENCIA DE FRAUDE ELECTORAL:  
ELECCIONES PRESIDENCIALES COLOMBIANAS 2014-2018**

**AUTORES**

**VALENTINA GIRALDO GAVIRIA  
VALERIA PEÑA ROMERO**

**DIRECTORES DEL PROYECTO  
JULIO CÉSAR ALONSO  
CRISTIAN CAMILO URBANO**

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

## Tabla de contenido

Introducción .....	5
Objetivos .....	6
Revisión de literatura .....	6
Datos .....	10
Metodología .....	11
Resultados .....	15
Contexto .....	16
Elecciones 2014: .....	16
Elecciones 2018: .....	19
Prueba Ley de Benford.....	21
Discusión .....	23
Casos de estudio: posibles anomalías .....	32
Conclusiones .....	41
Bibliografía .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Probabilidad de Benford para el primer dígito.....	12
Tabla 2. Probabilidad para el segundo dígito.....	13

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de la ley de Benford para el primer dígito.....	13
Figura 2. Representación gráfica de la ley de Benford para el segundo dígito.....	14
Figura 3. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Juan Manuel Santos por mesa de votación.....	21
Figura 4. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Candidato por municipio.....	22
Figura 5. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. General por mesa de votación.....	25
Figura 6. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. General por mesa de votación.....	25
Figura 7. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Candidato por mesa de votación.....	27
Figura 8. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Candidato por mesa de votación.....	27
Figura 9. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Oscar Iván Zuluaga por mesa de votación.....	29
Figura 10. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Iván Duque por mesa de votación.....	29
Figura 11. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Juan Manuel Santos por mesa de votación.....	31
Figura 12. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Iván Duque por mesa de votación.....	31
Figura 13. Testeo de la ley de Benford en la segunda vuelta de elecciones 2018. Iván Duque por mesa de votación para el departamento de Atlántico.....	35
Figura 14. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Candidato por mesa de votación para el departamento de Atlántico.....	35
Figura 15. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Iván Duque por mesa de votación para el departamento de la Guajira.....	38
Figura 16. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Departamento de la Guajira por mesa de votación.....	38
Figura 17. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Iván Duque por mesa de votación para el municipio de Valledupar.....	40
Figura 18. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Para el municipio de Valledupar por mesa de votación.....	40

## **Resumen**

Según la percepción de los ciudadanos, las elecciones en Colombia no se realizan con transparencia y honestidad. Para solucionar este problema se necesitan métodos de verificación que permitan validar la correcta ejecución de estas. El presente proyecto utiliza la ley estadística de Benford para investigar si existe evidencia de fraude electoral en las elecciones presidenciales colombianas de los años 2014 y 2018. Para lograrlo se analizaron los resultados de dichas elecciones en los 1.122 municipios de Colombia, y se compararon con lo que estipula la ley de Benford para verificar su cumplimiento. Los resultados sugieren que la ley de Benford es una herramienta útil que ayuda a encontrar evidencia de fraude electoral y se puede implementar en las investigaciones sobre este delito.

**Palabras clave:** Ley de Benford, fraude electoral, elecciones presidenciales.

## **Abstract**

According to the citizens' perception, the elections in Colombia are not carried out with transparency and honesty. To solve this problem, verification methods are needed to validate the correct conduct of the elections. This project uses Benford's statistical law to search for evidence of electoral fraud in the Colombian presidential elections of 2014 and 2018. Thus, the results of these elections in the 1,122 municipalities of Colombia were analyzed and compared with which is provided by Benford's law to verify compliance. The results suggest that Benford's law is a useful tool to search for evidence of electoral fraud and can be implemented in investigations into this crime.

**Keywords:** Benford law, electoral fraud, presidential election.

## **Introducción**

Colombia fue declarado un país democrático en la constitución política de 1991, pero “un país no puede ser considerado democrático si sus elecciones no son limpias” (Molina y Hernández, 1998, pág. 1). Esto genera que la población pierda la confianza en el sistema y deslegitima las elecciones y al gobierno electo. En consecuencia, como bien lo dice Goodwin-Gill (2005) un sistema electoral digno de confianza es decisivo para asegurar la existencia de una forma democrática de gobierno, ya que sin un sistema que le brinde credibilidad a las elecciones, los ciudadanos sentirán que el gobierno no representa sus intereses y en cambio sólo busca beneficiar a unos pocos, y es ahí en donde empiezan los problemas sociales y políticos.

La insatisfacción de los colombianos con el sistema electoral en el país es alta. Para muestra de ello el informe de latinobarómetro (2018) evidencia que solo el 25 % de los colombianos están satisfechos con la democracia en el país. Además, consideran que el problema primordial en Colombia es la corrupción, que es un indicador de la confianza que le tienen los ciudadanos a las instituciones estatales como consecuencia de su poca credibilidad.

Por lo anterior, es de suma importancia la ejecución de elecciones limpias y honestas no sólo para disminuir problemas sociales como los que se viven actualmente en toda Latinoamérica, sino que también es fundamental que los ciudadanos se sientan representados por parte del gobierno y que confíen en que la elección fue legítima. Para lograr un proceso electoral honesto se necesitan métodos de verificación que permitan demostrar si hay evidencia de fraude durante las elecciones. Se encontró que una de las formas para verificarlo es implementar una ley estadística de números, llamada ley de Benford (BL por sus siglas en inglés). En este proyecto se

utilizará este método estadístico para buscar evidencia de fraude en las elecciones presidenciales colombianas de los años 2014 y 2018.

Se debe tener en cuenta que el fraude en las elecciones se puede dar de diferentes formas: compra de votos, traslado de votantes, adulteración de boletas y actas, clientelismo, entre otros. No obstante, la ley de Benford solo tiene alcance para demostrar si existe o no evidencia de fraude, en este caso de tipo electoral, más no para asegurar la existencia del fraude y mucho menos para decidir cuál fue el método de este.

## **Objetivos**

### **General**

Buscar evidencia de fraude en las últimas elecciones presidenciales colombianas a través de la ley de Benford.

### **Específicos**

Comparar los resultados de la ley de Benford entre los distintos niveles territoriales.

Comparar los resultados de la ley de Benford entre las elecciones de 2014 y 2018.

## **Revisión de literatura**

La Ley de Benford o Ley del Primer Dígito fue presentada por el físico Frank Benford, quien notó cierta regularidad en la forma cómo se registraba el primer dígito de diferentes conjuntos de datos. Esta ley ha sido utilizada desde hace aproximadamente 80 años en distintas áreas para validar hipótesis relacionadas con la confiabilidad de los datos y evaluar si estos han sido manipulados.

En La ley de números anómalos (1938), Benford señala que para cualquier conjunto de datos la probabilidad de que el primer dígito sea el número 1 es mayor a que el primer dígito sea el número 2, la probabilidad de que el primer dígito sea el 2 es mayor que el 3 y así sucesivamente hasta el 9. Es decir, la probabilidad de que un dígito cualquiera sea el primer dígito decrece logarítmicamente según el valor del dígito aumenta desde el 1 al 9. A este análisis se le conoce como ley de Benford y es la base para este trabajo.

Esta metodología ha sido utilizada a través de la historia para detectar fraudes de diferentes índoles, tales como pago de impuestos, fraudes electorales, financieros y contables. En septiembre de 2018, tres investigadores emplearon la ley de Benford para comprobar la validez en la serie de datos que contiene la inflación de Argentina desde 2006 hasta 2015. En su investigación plantean que “estudios recientes muestran que las democracias débiles (como Argentina en ese período) tienden a manipular a otras variables macroeconómicas sobre todo como una herramienta de promoción del gobierno de turno” (Miranda, Delbianco, & Tohmé, 2019, pág 1) lo cual motiva a realizar dicho estudio. En este trabajo encontraron que la serie oficial del periodo mencionado no satisface la ley de Benford, mientras que en datos de otros países todos satisfacen la misma.

También, existe un análisis para el segundo dígito significativo de diferentes conjuntos de datos, se conoce como 2BL (Second digit Benford’s Law) y es una extensión de la ley del primer dígito de Benford (1BL). No obstante, se debe tener en cuenta que 2BL tiene una distribución para cada dígito diferente a la de 1BL. Por ello, muchos autores argumentan que en el fraude electoral es fundamental aplicar la ley de Benford para el segundo dígito ya que existe la probabilidad de que un conteo de votos cumpla con el test del primero, aunque no siga la distribución de Benford para el segundo dígito.

Como ya se mencionó, la ley de Benford se ha utilizado para la búsqueda de evidencia de fraude electoral. Mebane (2006) aplicó la llamada ley de Benford para el segundo dígito (2BL) con el fin de evaluar casos de Florida 2004 y México 2006, y otros autores posteriormente la aplicaron en muchas otras ocasiones. En este estudio Mebane (2006) concluyó que las pruebas basadas en la Ley de Benford de segundo dígito muestran una gran promesa de convertirse en una herramienta estándar que logre detectar resultados electorales fraudulentos pues en las pocas simulaciones que había realizado hasta el momento todas sugerían que tal enfoque podría ser efectivo.

Mientras que algunos autores han probado 1BL en algunos datos electorales, otros autores abogan firmemente por mirar el segundo dígito significativo (que sigue a una versión extendida de la ley de Benford) y argumentan que las frecuencias de los votos electorales cuentan a nivel de precinto aproximada de una distribución de Benford para el segundo dígito. (Lacasa & Fernández, 2018, pág. 1)

Así mismo, Mack y Shikano (2013) publicaron un artículo en el que aplicaban 2BL y un sistema de distribución alternativo a diferentes entornos institucionales. Investigaron datos de las últimas elecciones parlamentarias y presidenciales de Francia (ambas en 2012), con/sin sospecha de fraude, y Rusia (2011 y 2012), con un fuerte presentimiento de fraude. Posteriormente, replicaron otro método de detección con el propósito de cruzar validación y calcular escenarios de fraude simples para evaluar el rendimiento de los mecanismos de 2BL.

Según lo hallado, los resultados de la prueba 2BL no son consistentes con las sospechas a priori de fraude ni con los del otro método de detección de Klimek et al. (2012). Algunos podrían cuestionar la validez de las sospechas a priori y / o la del método de detección. Por el



contrario, Mack y Shikano (2013) tienen al menos algunas razones para confiar más en la validez de los resultados basados en el método de Klimek que en la estadística de 2BL. Por ello, llegan a la conclusión de que 2BL es inapropiado para la detección de fraude.

Del mismo modo, en países latinoamericanos también se han realizado estudios para comprobar si existe evidencia de fraude en las elecciones presidenciales. Tal es el caso de Ecuador, dónde Geovanny (2016), realizó un análisis de los resultados obtenidos de la aplicación del voto electrónico en Ecuador bajo la ley de Benford. Para lograr lo anterior, él analizó los primeros y segundos dígitos significativos en los votos y emplearon como prueba incondicional de bondad de ajuste, el test chi-cuadrado de Pearson. Su metodología consiste en analizar e interpretar el resultado de los votos alcanzados y registrados por un determinado candidato, por lista y por junta receptora del voto. En otras palabras, utilizan el total de estos votos al final del sufragio para cada aspirante en una determinada mesa electoral. Los resultados de este estudio muestran que en la mayoría de los casos se verifica la Ley de Benford; sin embargo, se detectaron pocas pero importantes diferencias que revelan anomalías sin que puedan ser descartadas donde no se cumple dicha ley.

No obstante, afirman que no es simple decretar en estos momentos que estas anomalías encontradas puedan ser concebidas como intencionales, deliberadas, encubiertas o fraudes a través de la manipulación los resultados electorales. Por lo tanto, no se puede determinar la causa exacta de las alteraciones de los resultados de la prueba de Benford y se concluye reconociendo la factibilidad y fiabilidad de implementar esta técnica de Benford en temas electorales.

En el caso colombiano, García (2018), realizó una investigación que busca establecer si existe evidencia estadística de irregularidades en los votos registrados por candidato a nivel municipal

y departamental en las últimas elecciones presidenciales en Colombia, contienda realizada el 27 de mayo de 2018; utilizando la ley de Benford. La conclusión general de este estudio es que “no se evidencia a nivel departamental ni municipal anomalías en los votos por candidato presidencial en la primera vuelta” La prueba de Benford se hizo para el criterio del primer dígito, dos primeros dígitos y dos últimos dígitos significativos.

## **Datos**

Las elecciones presidenciales en Colombia se realizan cada cuatro años, pues este es el periodo de mandato para el presidente de la nación. El 27 de mayo del 2018 se realizaron dichas elecciones en las que participaron 6 candidatos: Iván Duque, Gustavo Petro, Sergio Fajardo, Humberto de la Calle, Germán Vargas Lleras, Jorge Antonio Trujillo más los promotores del voto en blanco, a pesar de que en la tarjeta electoral y en el conteo de votos aparecen 8 candidatos teniendo en cuenta a Viviane Morales quien retiró su candidatura en mayo del 2017.

A esta fase de las elecciones se le denomina **primera vuelta**. No obstante, si ninguno de los seis candidatos obtiene la mitad más uno de los votos que depositen los ciudadanos ese día, entonces deberá celebrarse una nueva jornada electoral tres semanas después. Con la diferencia de que en esa ocasión solo participarán los dos aspirantes que hayan obtenido las votaciones más altas y será declarado presidente quien se lleve la mayoría de los votos. En las últimas dos elecciones presidenciales (2014 y 2018), hubo segunda vuelta. Para el año 2014 en la segunda vuelta se enfrentaron Juan Manuel Santos, quien aspiraba a la reelección, contra Óscar Iván Zuluaga (CNN español, 2018). Cuatro años más tarde, en 2018, se enfrentó Iván Duque contra Gustavo Petro.

Uno de los objetivos del presente trabajo es buscar evidencia de fraude en las últimas elecciones presidenciales colombianas a través de la ley de Benford, por lo tanto, se necesitaron las bases de datos de la primera y segunda vuelta de los resultados electorales del año 2018, las cuales se obtuvieron de la página de la Registraduría Nacional del Estado Civil y datos abiertos Colombia, respectivamente. Para determinar un histórico de las votaciones en Colombia también se analizaron las elecciones del año 2014 y para esto se realizaron las pruebas 1BL y 2BL a los datos de primera y segunda vuelta de los resultados electorales del año 2014 subido a la página de la Registraduría nacional del Estado Civil.

Por último, es de resaltar que se realizó una verificación previa de la base de datos de las elecciones presidenciales para el 2018 con una base de datos propia que fue elaborada con los formularios E26 subidos al histórico de resultados de la Registraduría para una muestra de 1122 municipios.

## **Metodología**

En esta sección se explicará cómo opera la ley de Benford y cómo es utilizada para cumplir con los objetivos propuestos en este estudio. De acuerdo con Geovanny (2016), la primera ocasión en la que se habló acerca de que la ocurrencia o probabilidad de aparición de los números no era la misma fue en 1881 cuando el astrónomo y matemático Simon Newcomb, por medio de la observación de los libros de logaritmos, notó que las primeras páginas estaban más desgastadas que las otras, percibiendo que aquellas que tenían números 8 y 9 estaban prácticamente intactas. Newcomb presentó su hipótesis y conclusiones, pero dado que no demostró su regla formalmente este descubrimiento fue olvidado.

Sin embargo, en 1938 reapareció esta hipótesis por una observación del físico Frank Benford, quien de forma independiente realizó comprobaciones empíricas de 20.229 números de diferentes fuentes y en todos observó exactamente el mismo fenómeno. Entonces a partir de esto postuló formalmente la llamada *ley de números anómalos* que es conocida como *ley de Benford*.

La ley de Benford establece que en un conjunto de datos la aparición de números que empiezan con el número 1 ocurre con mayor frecuencia que con el resto de los dígitos (Benford, 1938). Para hallar la probabilidad de aparición de cada uno de los primeros dígitos, Benford determina la siguiente fórmula logarítmica para el primer dígito:

$$F_a = \log\left(\frac{a+1}{a}\right)$$

donde  $a = 1,2,3,\dots,9$

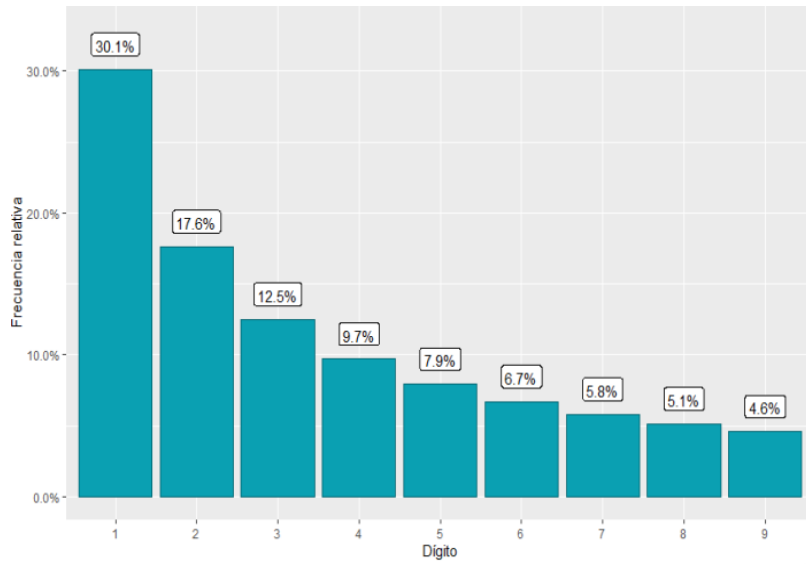
Esta función arroja las probabilidades que se muestran en la tabla 1, en la figura 1 se muestra una representación gráfica de las mismas

**Tabla 1. Probabilidad de Benford para el primer dígito**

<b>d1</b>	<b>Probabilidad del primer dígito d1</b>
1	0,301
2	0,176
3	0,125
4	0,097
5	0,079
6	0,067
7	0,058
8	0,051
9	0,046

Fuente: Elaboración propia. (2019)

**Figura 1. Representación de la ley de Benford para el primer dígito**



Fuente: Elaboración propia (2019)

Para el segundo dígito, se debe tener en cuenta el 0, por lo que el número de dígitos es 10. Además, para determinar la probabilidad del segundo dígito se debe considerar el dígito anterior. Por lo tanto, la ecuación logarítmica que encontró Benford es acumulativa:

$$F_b = \sum_{k=1}^9 \text{Log}_{10} \left( \frac{1+k}{10k+b} \right)$$

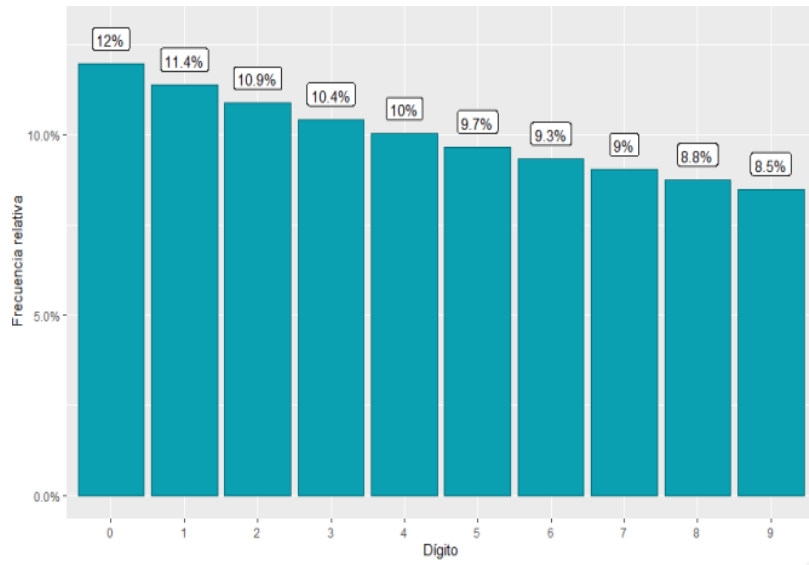
donde  $b = 0,1,2,\dots,9$

**Tabla 2. Probabilidad para el segundo dígito**

d1	Probabilidad del primer dígito d1
0	0,120
1	0,114
2	0,108
3	0,104
4	0,100
5	0,097
6	0,093
7	0,090
8	0,088
9	0,085

Fuente: Elaboración propia (2019)

**Figura 2. Representación gráfica de la ley de Benford para el segundo dígito.**



Fuente: Elaboración propia (2019)

Teniendo en cuenta lo anterior, al conjunto de datos dado se le deberá extraer el primer y segundo dígito significativo para determinar la frecuencia relativa de cada uno de los dígitos. Posteriormente, se aplicará la prueba chi-cuadrado para contrastar las frecuencias relativas de la base de datos con las probabilidades de aparición del primer y segundo dígito, según corresponda. Cabe resaltar que la hipótesis nula determina igualdad entre las frecuencias relativas encontradas y la probabilidad de aparición hallada por Benford. Por lo tanto, el estadístico chi-cuadrado tomará un valor igual a 0 si existe concordancia perfecta entre las frecuencias relativas observadas y las esperadas, en este caso la probabilidad de aparición; por el contrario, el estadístico tomará un valor mayor si existe una gran discrepancia entre estas frecuencias, y consecuentemente se deberá rechazar la hipótesis nula.

$$x_{calc}^2 = \sum \frac{(f_0 - f_e)}{f_e}$$

$f_0$ : frecuencia del valor observado     $f_e$ : frecuencia del valor esperado

Se debe tener en cuenta que la prueba chi cuadrado rechaza la hipótesis nula si las frecuencias relativas y las esperadas no son iguales. Sin embargo, no determina si las frecuencias relativas de todos los dígitos son diferentes o solo la frecuencia relativa de un dígito es diferente. Por ello, se hará una prueba para cada uno y así verificar cuales son los que presentan mayor discrepancia.

Con el fin de tener mayor facilidad para analizar los datos, se procederá a graficar tanto las frecuencias relativas como las esperadas. Con esto, se obtendrá un gráfico de barras para las frecuencias relativas observadas y una línea de tendencia para las probabilidades de aparición de Benford. Por lo tanto, teniendo en cuenta el intervalo de confianza, si las barras están por encima o por debajo de la línea de tendencia, quiere decir que en ese dígito no se cumplió la ley de Benford. De esta manera, se podrá observar fácilmente que conjuntos de datos se acercan más a la frecuencia esperada por la función de probabilidad logarítmica de Benford y cuales se alejan completamente.

Para el estudio en cuestión sobre si existe evidencia de fraude en las elecciones presidenciales en Colombia en los años 2014 y 2018 se utilizará el software R, que permitirá determinar si los datos se ajustan o no a la Ley de Benford (R Core Team, 2019) Ahora bien, para cumplir con los objetivos propuestos se creó una función en R llamada *benford.2BL*. Esta arroja 3 resultados que nos permitirán concluir si los votos siguen o no la distribución de Benford, los cuales son una prueba Chi-cuadrado, la tabla de frecuencias y la gráfica respectiva.

## **Resultados**

En este apartado, se presentarán los resultados arrojados por R Studio aplicando la respectiva función personalizada para la prueba de la Ley de Benford. Con todo, antes de analizar estos

resultados, es conveniente dar a conocer el contexto de las elecciones para ampliar la visión y tratar de entender el porqué de lo hallado.

## **Contexto**

### **Elecciones 2014:**

#### **Primera vuelta**

Las elecciones del año 2014 se llevaron a cabo el 25 de mayo, con una participación de cinco candidatos: Clara López con el partido del Polo democrático, Enrique Peñalosa con Alianza Verde, Juan Manuel Santos con Unidad Nacional, Marta Lucía Ramírez con el partido Conservador y Oscar Iván Zuluaga con el Centro Democrático. Cabe resaltar que Juan Manuel Santos era el presidente de la república y estaba buscando su reelección.

Encuestas como la de Datexco (2014), Centro Nacional de Consultoría (2014), Gallup (2014) e Ipsos (2014) realizadas antes de la elección apuntaban que no habría un ganador en la primera vuelta y en la segunda vuelta siempre estaba presente el candidato Juan Manuel Santos. Así mismo, “durante el transcurso de la campaña presidencial, Juan Manuel Santos llevaba una leve delantera respecto a sus principales contrincantes, Óscar Iván Zuluaga y Enrique Peñalosa” (Revista Semana, 2014).

De acuerdo con la tercera encuesta nacional realizada por Datexco (2014) para El Tiempo y W radio (dos medios de comunicación masivos en Colombia) llevada a cabo del 13 al 14 de marzo, en la primera vuelta, Juan Manuel Santos se quedaría con la mayor votación, pero sin superar el 50% por lo que se tendría que realizar una segunda vuelta de las Elecciones, el segundo lugar sería para el candidato Enrique Peñalosa y en tercer lugar se encontraría Óscar Iván Zuluaga. Por otro lado, la encuesta realizada por Gallup (2014) en el mes de mayo mostró que a la segunda



vuelta ya no pasaba Enrique Peñalosa sino Óscar Iván Zuluaga ocupando el segundo lugar y Juan Manuel Santos, el primer lugar. Con esto, se puede observar que Juan Manuel Santos era el ganador en las encuestas de la primera vuelta, sin embargo “Según el sondeo del Centro Nacional de Consultoría difundido en el noticiero CM&, Zuluaga obtendría en primera vuelta el 24 % de los sufragios, mientras su competidor más cercano, Santos, se quedaría con el 22 %” (Revista semana, 2014).

A pesar de las especulaciones, los resultados de las elecciones presidenciales 2014 en su primera vuelta según la Registraduría Nacional del Estado Civil dieron como ganador a Oscar Iván Zuluaga con 3.769.005 de votos lo que equivale al 29,28% y Juan Manuel Santos ocupó el segundo lugar con el 25.72% (3.310.794 votos). Aunque, las encuestas posicionaron a Enrique Peñalosa entre el segundo y tercer puesto, este candidato ocupó el quinto lugar con un 8.27% de los votos. De acuerdo con los resultados del 25 de mayo, la segunda vuelta sería entre Óscar Iván Zuluaga y Juan Manuel Santos.

### **Segunda vuelta**

La segunda vuelta de las elecciones presidenciales se realizó el 15 de junio del año 2014, las encuestas previas señalaban como ganador a Óscar Iván Zuluaga, así lo afirmaron los resultados de la Gran Encuesta elaborada por Ipsos Napoleón Franco (2014), inscrito ante el Consejo Nacional electoral para RCN Radio, RCN Tv, La FM y la revista Semana, realizada del 2 al 4 de junio. En ella, el representante del Centro Democrático, Óscar Iván Zuluaga, obtendría el 49% de los votos frente a un 41% de Juan Manuel Santos. En este sentido, el nuevo presidente de la República por los siguientes cuatro años sería Óscar Iván Zuluaga.

No obstante, la encuesta de Datexco (2014) para El Tiempo y W Radio realizada del 31 de mayo al 4 de junio, señaló que el presidente y candidato Juan Manuel Santos tendría un 41.9% de los votos, mientras que Óscar Iván Zuluaga tendría una intención de voto del 37.7%. Esta encuesta tuvo una cobertura geográfica nacional, en las Regiones Andina (19.7%), Centro (Incluye Bogotá) (38.6%), Caribe (20.8%), Orinoquia (3.2%) y Pacífica (17.6%).

Este tramo final de las elecciones se caracterizó por una lucha entre los candidatos proyectando sus formas de llegar al fin del conflicto en el país. Por un lado, “La campaña reeleccionista había impulsado la idea de que la segunda vuelta del 15 de junio era una elección entre la guerra y la paz. Por otro lado, para la oposición uribista, la elección sería entre dos maneras distintas de alcanzar la paz” (Revista Semana, 2014). Esta afirmación se debe a que ambos candidatos afirmaban su iniciativa para terminar el conflicto armado que ha sufrido Colombia durante décadas. A pesar de que los dos candidatos se centraron en sus propuestas de la paz, uno promocionaba su discurso por medio de la negociación con las FARC, y el otro por medio de la lucha militar.

El discurso de Juan Manuel Santos o “el presidente de la paz” como se presentó él mismo se enfocaba en lograr la paz por medio de una negociación con las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC). Este propósito guio toda su campaña electoral, y lo reforzó en la segunda vuelta, pues impulsó la idea de que esta segunda parte de las elecciones era una elección entre la paz y la guerra. Por otro lado, Oscar Iván Zuluaga se proyectaba como un candidato que estaba de parte de los colombianos y no se iba a rendir ante el terrorismo del país. Por ello, “con su primer eslogan, «Del lado de los colombianos», se insistía en esta idea de que él sí apoyaba a los colombianos, mientras que Santos se encontraba en el otro lado, defendiendo a los «otros», entendidos como los terroristas de las FARC” (Richard, 2015)

Teniendo en cuenta las contradicciones de las encuestas y las dos posiciones de los candidatos, se esperaba una elección ajustada y efectivamente el ganador obtuvo el 50.98% con 7.839.342 de votos que le otorgaron a Juan Manuel Santos otros cuatro años de mandato. Oscar Iván Zuluaga logró 6.917.001 votos para un 44.98%.

## **Elecciones 2018:**

### **Primera vuelta**

Para las elecciones presidenciales del año 2018 se contó con la participación de 8 candidatos: Iván Duque, Gustavo Petro, Sergio Fajardo, Germán Vargas, Humberto de la Calle, Jorge Trujillo, Viviane Morales y los Promotores del voto en blanco. Las encuestas realizadas para este periodo electoral efectivamente concordaron con lo ocurrido el 27 de mayo, día que se llevó a cabo dichas elecciones. Según varias encuestas de Invamer (2018) para la revista Semana, Caracol televisión y Blu radio, Iván Duque ganaba en todos los escenarios posibles en una segunda vuelta, pero aclaraban que con menos ventaja en caso tal que se enfrentará con Gustavo Petro. Además, ubicaban a Sergio Fajardo y a Gustavo Petro como candidatos con mayor posibilidad de pasar a una segunda vuelta para enfrentarse con Iván Duque. Por otro lado, los demás candidatos a la presidencia no eran percibidos como contrincantes fuertes, pues ninguno de ellos sobrepasaba del 10% de la intención de voto.

Para estas elecciones hubo un total de sufragantes de 19.636.714, ubicando en primer lugar al candidato Iván Duque con el 39,14% de los votos y seguido de él, con un porcentaje de 29,08%, el candidato Gustavo Petro se posicionó como el segundo más votado. Sin embargo, el porcentaje de votos obtenido por Gustavo Petro estuvo muy cercano del tercero, Sergio Fajardo,

quien obtuvo el 23,73% de los votos y se pensaba que podía ser el contrincante de Iván Duque en una segunda vuelta presidencial según varias encuestas realizadas en el país.

## **Segunda vuelta**

El 17 de junio de 2018 se llevó a cabo la segunda ronda electoral para definir quién gobernaría en el periodo 2018 - 2022 en Colombia. La disputa ocurrió entre los candidatos Iván Duque y Gustavo Petro, cabe resaltar que ha sido la primera vez en Colombia en donde se enfrentan por el poder un candidato de izquierda, en este caso Petro, y otro de derecha, lo que puso al país en un momento tensionante y un panorama de incertidumbre, los medios generaron comentarios como “estas elecciones marcaron un hito en la historia política del país desde muchos puntos de vista” (El Tiempo, 2018). Comentarios como los anteriores revelan el hecho de que el país atravesaba una disputa electoral importante donde cada candidato tenía que usar las mejores estrategias para conseguir la victoria.

Seis encuestadoras publicaron las intenciones de voto que tenían los candidatos y en todas Duque ganaba las elecciones, en unas con más diferencia que en otras, por ejemplo en una encuesta realizada por la firma Yanhaas (2018), (encargada de realizar la Gran Encuesta para El país, El colombiano, RCN Televisión, La FM entre otros medios de comunicación importantes) la intención de voto para Iván Duque se ubicó en un 52%, en un 34% para Gustavo Petro y el voto en blanco con el 14% restante. Los resultados finales mostraron que Gustavo Petro obtuvo un resultado mucho más alto que lo esperado por la mayoría de las encuestadoras.

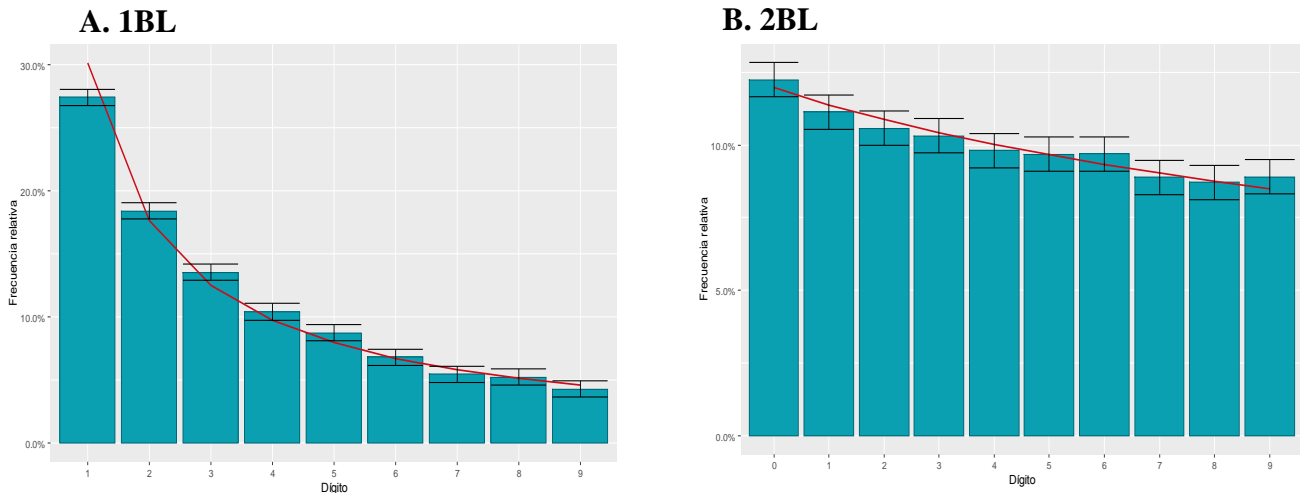
En esta ocasión el total de sufragantes fue de 19.511.168 notándose una leve disminución de votantes en relación con la primera vuelta presidencial; el candidato Iván Duque obtuvo un total de 10.373.080 de votos equivalentes al 53,98% lo cual lo posicionó como el nuevo presidente de

la República. Por otro lado, Petro alcanzó un total de 8.034.189 correspondiente al 41,81% de los votos.

### Prueba Ley de Benford

Como se ha mencionado anteriormente, lo ideal en unas elecciones justas y transparentes es que la distribución del primer y segundo dígito siga la distribución de probabilidad logarítmica de Benford. Para constatar que la situación descrita es posible, se muestran algunos ejemplos hallados en donde la distribución de probabilidad esperada y la hallada, se acercan. Si bien la ley de Benford no aplica en todos los casos, a continuación, se presentará evidencia de que si aplica para el sistema electoral colombiano. En esta ocasión, los resultados obtenidos por Juan Manuel Santos en la primera vuelta de las elecciones de 2014 son un claro ejemplo para mostrar cómo deberían comportarse los datos de acuerdo con lo propuesto en la Ley de Benford.

**Figura 3. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Juan Manuel Santos por mesa de votación**



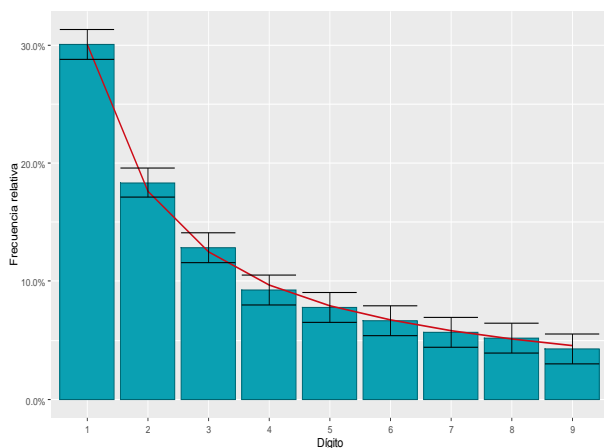
Las gráficas 3.A y 3.B muestran el comportamiento de los resultados de la primera vuelta en las elecciones de 2014 para el primer y segundo dígito según la ley de Benford. En esta gráfica los resultados se encuentran desagregados a nivel de cada puesto de votación. Al comparar con la

tabla 1 y 2, donde se muestra la distribución que debe seguir los datos para que se cumpla la ley de Benford, se puede observar que en esta ocasión los resultados de Santos se acercan a esta distribución en ambos dígitos, pues teniendo en cuenta el intervalo de confianza, la línea de tendencia se encuentra en casi todos los dígitos dentro de este intervalo. Para la prueba por el primer dígito (1BL) se halla una leve diferencia en el primer dígito estando por debajo de la probabilidad esperada. Sin embargo, podemos concluir que, aunque se rechace la hipótesis nula que afirma la concordancia exacta entre la probabilidad propuesta por Benford y la frecuencia relativa encontrada, se puede afirmar que para este caso no existe evidencia de fraude, por lo tanto, esta ley ayuda a constatar que la ley de Benford puede ser aplicada para el sistema electoral colombiano.

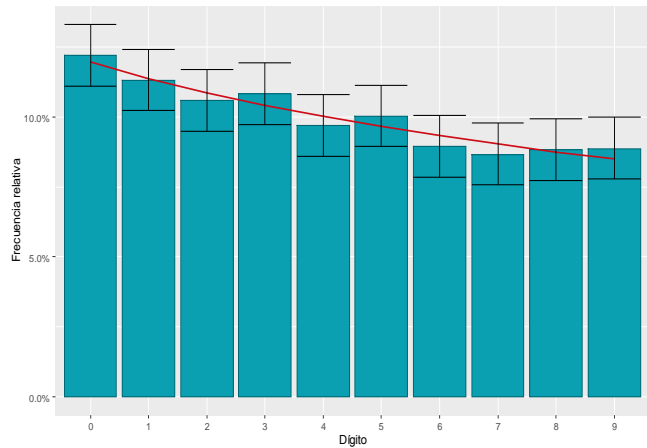
Otro ejemplo de resultados que se aproximan a cumplir con la ley de Benford son los obtenidos en la primera vuelta de las elecciones presidenciales 2014. En este caso, están agrupados por candidato y municipio, es decir que los resultados reflejados a continuación muestran el grupo de todos los candidatos que participaron en la primera vuelta a nivel a nivel de cada municipio (Figuras 4.A y 4.B).

**Figura 4. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Candidato por municipio**

**A. 1BL**



**B. 2BL**



Similar a las gráficas descritas anteriormente, en estas también se observa que para todos los dígitos se cumple la ley de Benford estando dentro de los intervalos de confianza. Tanto para la prueba del primer dígito como la del segundo dígito se refleja esta aproximación a la probabilidad esperada por Benford, cumpliendo casi a cabalidad con la ley.

No obstante, en muchos de los estudios en los que se ha aplicado la Ley de Benford en elecciones, se ha hallado que la distribución de estos dígitos no cumple con lo propuesto por Benford, y es ahí donde se entra a discutir y encontrar una justificación para este comportamiento. Colombia, no es la excepción con este tipo de resultados. Por ello, a continuación, se analizan los resultados más interesantes.

## **Discusión**

Se comenzará con un análisis de los resultados generales agrupados por mesa de la primera vuelta tanto de las elecciones del año 2014 como del año 2018, esto quiere decir que los resultados no están diferenciados por candidato ni por partido y están agrupados por mesa de votación.

Para la prueba del primer dígito del año 2014, se puede observar en la gráfica 5.A que la distribución de los resultados generales agrupados por mesa se aleja de la distribución de probabilidad logarítmica de Benford, se evidencia una especial diferencial en el dígito 1, donde en los resultados de las elecciones tuvo una aparición aproximada del 50% muy por encima de la probabilidad dicha por Benford para este dígito.

Por otro lado, cuando se analizó el segundo dígito para este mismo conjunto de datos, se observó una mayor cercanía a la distribución de probabilidad logarítmica acumulada de Benford. La

mayor diferencia se evidencia en el dígito 9, donde la probabilidad de aparición de Benford fue mayor que la hallada, incluso superior al intervalo de confianza (figura 5.B).

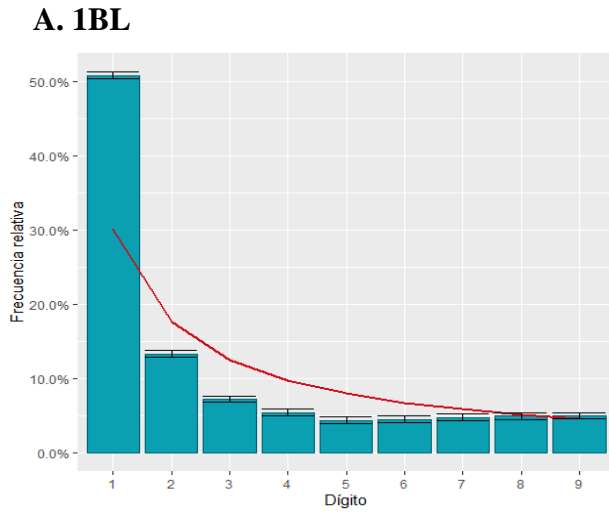
A continuación, se analizará la prueba del primer dígito para los resultados de las votaciones de la primera vuelta del año 2018 (figura 6.A). Es conveniente recordar que los resultados son generales agrupados por mesa. Se puede observar una gran diferencia entre la probabilidad de aparición esperada y la hallada, incluso una mayor variación en comparación con las elecciones del 2014. En esta ocasión, la mayor frecuencia de aparición fue la del dígito 2, hecho que difiere con la teoría propuesta por Benford.

Para la prueba del segundo dígito de la ley de Benford, se muestra que la distribución acumulada esperada según Benford es decreciente, es decir, al igual que en el primer dígito la mayor probabilidad de aparición es presentada por el primer dígito, que para este caso es el 0. Generalmente, se tiene la idea de que la distribución de los dígitos debe ser uniforme y esto es lo que tratan de hacer al momento de alterar los resultados.

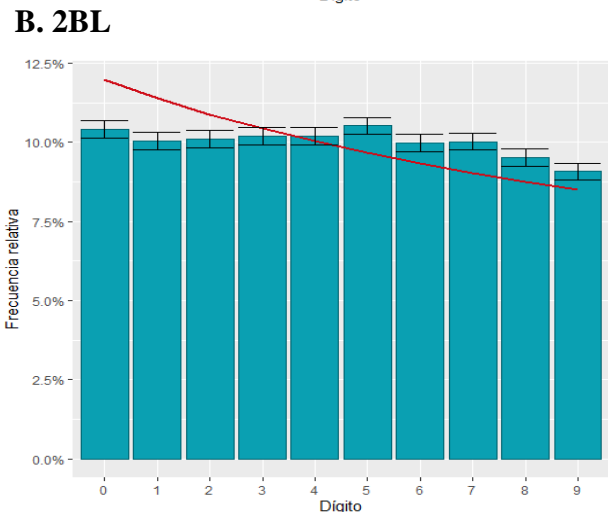
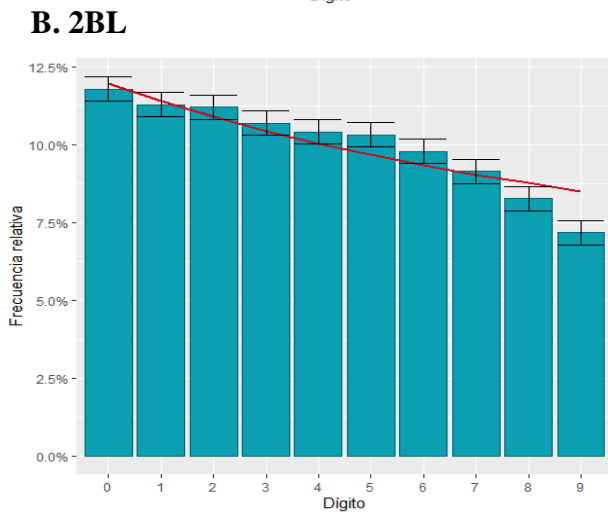
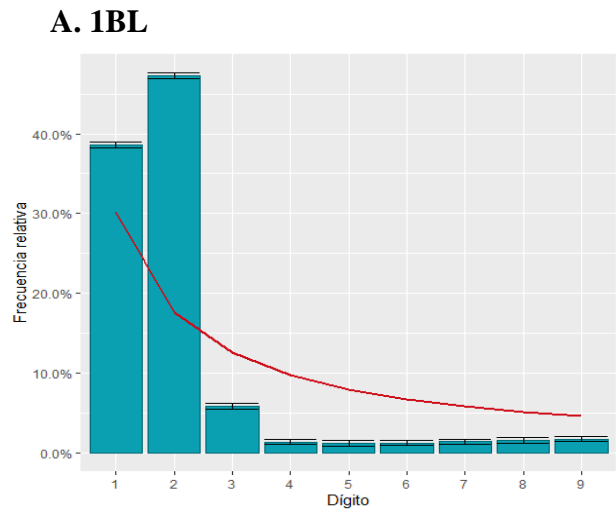
Ahora, se presenta la figura 6.B de la prueba del segundo dígito para la primera vuelta de las elecciones del 2018. Se evidencia que la probabilidad de aparición presentado por los resultados no cumple con lo estipulado en la ley de Benford. Ya que la distribución de los resultados es aproximadamente uniforme, lo que difiere enormemente con la distribución acumulada decreciente de Benford.



**Figura 5. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. General por mesa de votación**



**Figura 6. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. General por mesa de votación**



A diferencia de la sección anterior dónde se analizaron los resultados generales obtenidos sólo a nivel de mesa, en esta parte se van a tener en cuenta los candidatos, es decir, se va a analizar la primera vuelta de las elecciones del 2014 y 2018 teniendo en cuenta las pruebas del primer y segundo dígito para los candidatos en general agrupados por mesa de votación.

En cuanto a los resultados obtenidos en la primera vuelta en el año 2014 (figura 7.A) se puede observar que para el primer dígito la distribución conseguida se aproxima a la probabilidad de aparición propuesta por la ley de Benford. La principal diferencia se

encuentra en el primer dígito debido a que la frecuencia relativa de éste es un poco menor que la esperada.

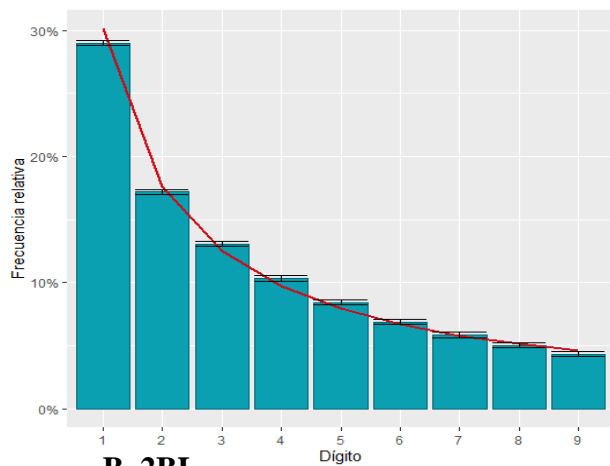
Totalmente lo opuesto ocurre en los resultados de la primera vuelta para las elecciones presidenciales del 2018 (figura 8.A). En cuanto a la prueba del primer dígito, se evidencia que los primeros cinco dígitos se alejan de cumplir la ley de Benford, el primero sobrepasando la probabilidad esperada y los demás por debajo. A partir del dígito 6 se nota un acercamiento, sin embargo, no cumple en general.

Ahora bien, en cuanto a la prueba para el segundo dígito, en ninguna de las elecciones se cumple la ley de Benford. En ambos (figuras 7.B y 8.B) la probabilidad esperada por cada dígito para Benford se aleja de la frecuencia relativa obtenida. En el caso de los resultados de las elecciones del 2014, los dígitos 2,3,4 y 5 se acercan a cumplir la ley de Benford si se tiene en cuenta que se encuentran dentro del intervalo de confianza. No obstante, para las elecciones del 2018 ningún dígito cumple la ley de Benford ni se acerca a cumplirla.

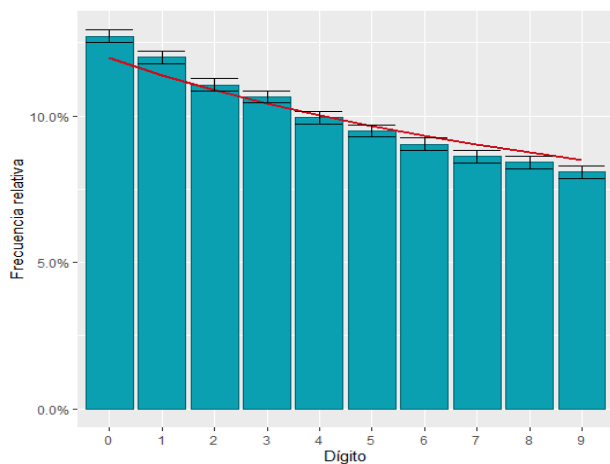
En general, se puede concluir que los resultados de las elecciones presidenciales del 2014 para la primera vuelta no muestran evidencia de fraude, a pesar de que no existe concordancia perfecta entre las frecuencias relativas observadas y las esperadas, ya que el estadístico chi-cuadrado tomó el valor de 387.24 y no de cero, es decir, se rechazó la hipótesis nula que determina dicha igualdad entre las frecuencias, teniendo en cuenta el intervalo de confianza se observa que los dígitos se acercan a cumplir la ley de Benford.

**Figura 7. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Candidato por mesa de votación**

**A. 1BL**

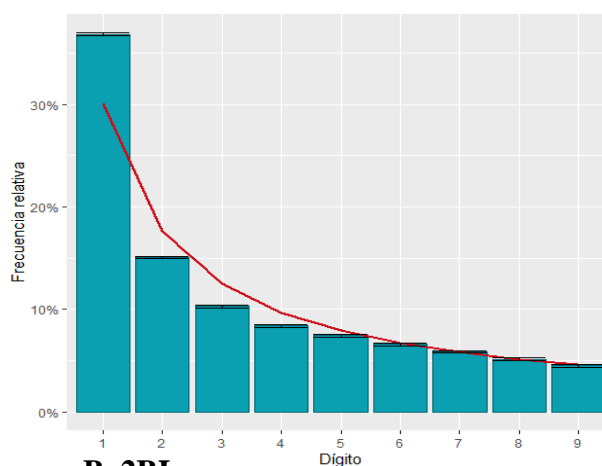


**B. 2BL**

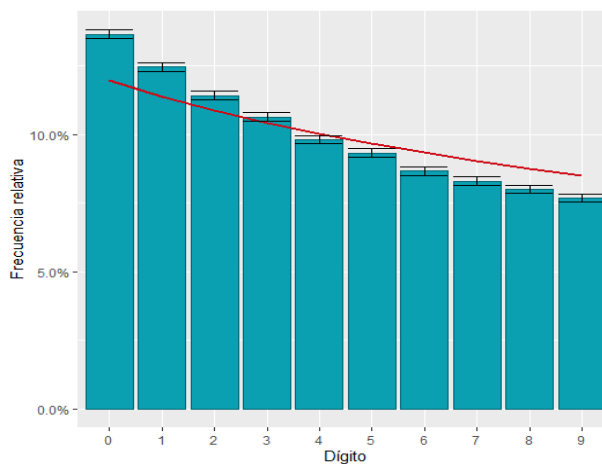


**Figura 8. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Candidato por mesa de votación**

**A. 1BL**



**B. 2BL**



Ahora, se analizarán las pruebas de primer y segundo dígito para los resultados de la primera vuelta para dos candidatos específicos agrupados por mesa. El primero es el candidato Óscar Iván Zuluaga, representante del partido Centro Democrático para el año 2014. El segundo es Iván Duque candidato del Centro Democrático para el año 2018. A pesar de que los dos candidatos pertenecen al mismo partido político, en las siguientes gráficas se muestra la diferencia en la distribución de sus respectivos resultados.

Para los resultados de las votaciones que obtuvo Óscar Iván Zuluaga por mesa en el año 2014 se evidencia un gran acercamiento entre la probabilidad de aparición esperada por la

ley de Benford para el primer dígito y la frecuencia relativa presentada en los resultados. Como se puede observar en la figura 9.A la mayor diferencia se presenta en el dígito 1 donde la frecuencia relativa de este dígito en los resultados de este candidato fue menor de lo que propone la ley de Benford. Sin embargo, el resto de los dígitos se acercan mucho a cumplir con la ley de Benford.

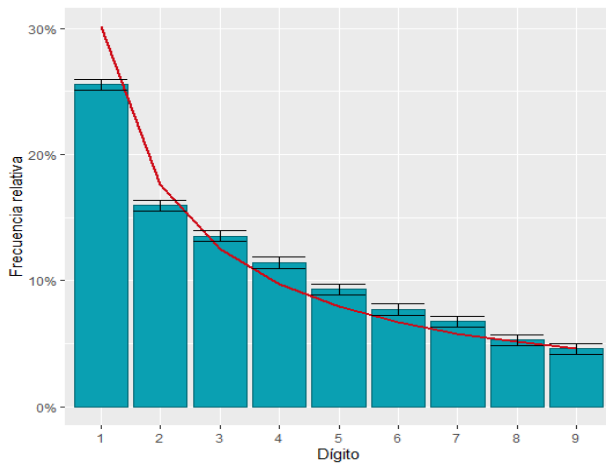
Por el lado del análisis del segundo dígito, en la figura 9.B se puede observar que los resultados de Óscar Iván Zuluaga por mesa cumplen con la Ley de Benford teniendo en cuenta el intervalo de confianza de cada dígito. A pesar de que el dígito que más se aleja de cumplir con la ley es el 4, se muestra que el intervalo de confianza de la frecuencia relativa presentada en los resultados de las elecciones permite que la ley se aplique a este y a todos los dígitos de la prueba.

Si nos enfocamos en la distribución de los resultados de Iván Duque por mesa en el año 2018, en la figura 10.A se muestra que, si bien el dígito 1 presenta la mayor frecuencia relativa, supera la probabilidad de aparición de Benford y a partir de ahí, el resto de los dígitos se distribuyen de forma aproximadamente uniforme. Por lo tanto, la ley de Benford para el primer dígito no aplica para los resultados de Duque por mesa. Si lo comparamos con la figura 9.A de Iván Zuluaga, se observa una gran diferencia entre las dos distribuciones de los resultados obtenidos por los candidatos.

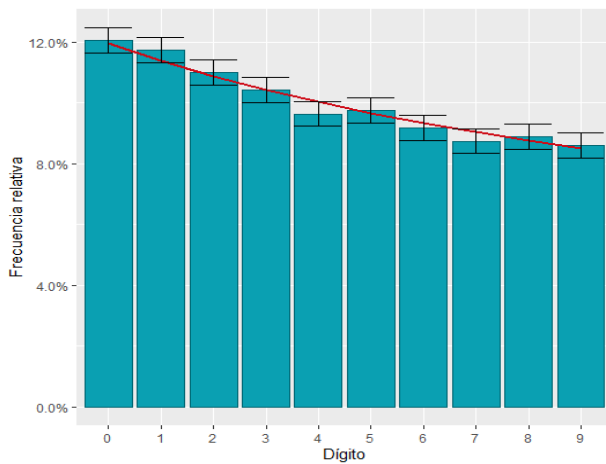
Así mismo, en la figura 10.B se presentan los resultados de la prueba de Benford para el segundo dígito aplicada a los resultados de Iván Duque por mesa. A pesar de que la frecuencia relativa se acerca a la probabilidad de Benford, solo los dígitos 3, 4 y 5 cumplen

con la ley de Benford incluyendo el intervalo de confianza, a diferencia de este mismo análisis para los resultados de Iván Zuluaga donde todos los dígitos cumplían con la ley.

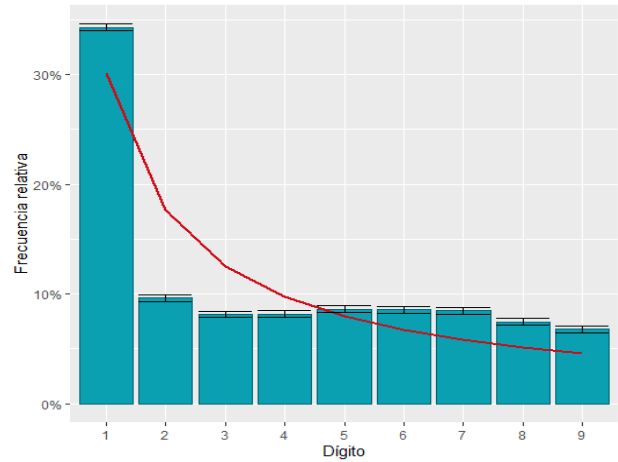
**Figura 9. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Oscar Iván Zuluaga por mesa de votación A. 1BL**



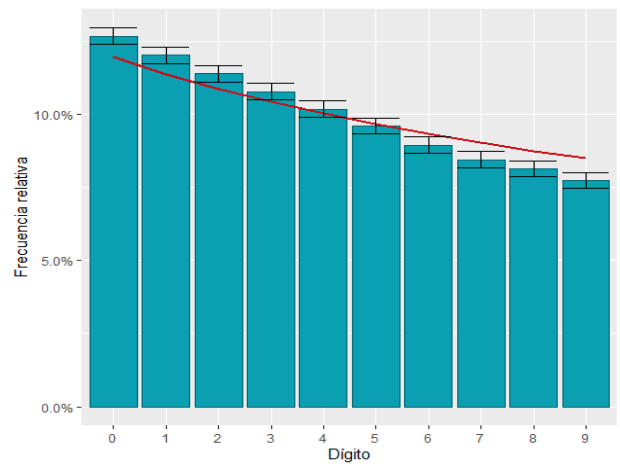
**B. 2BL**



**Figura 10. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Iván Duque por mesa de votación A. 1BL**



**B. 2BL**



Por último, el enfoque se hará sobre los resultados obtenidos por los ganadores de las elecciones del año 2014 y 2018, es decir, Juan Manuel Santos e Iván Duque respectivamente. Los resultados están agrupados a nivel de mesa para la primera vuelta de los dos años.

Primero, en la prueba del primer dígito para los resultados de la primera vuelta de Juan Manuel Santos (figura 11.A) se puede observar una aproximación casi completa entre la

probabilidad de aparición de la ley y la frecuencia relativa presentada. La diferencia más notoria está en el dígito 1 en donde la probabilidad de aparición de la ley de Benford está por encima de la frecuencia relativa esperada. Con todo, la ley de Benford aplica para la mayoría de los dígitos. De igual modo, en la figura 11.B se muestra la prueba del segundo dígito de la ley de Benford, se puede observar que para dicha prueba la ley de Benford aplica para todos los dígitos teniendo en cuenta el intervalo de confianza.

Por otro lado, para los resultados de las elecciones del año 2018, la prueba del primer dígito de Iván Duque se muestra en la figura 12.A. En comparación con la gráfica 11.A se observa una gran diferencia, puesto que, en los resultados de la votación obtenida por Iván Duque la probabilidad de aparición de ley de Benford está lejos de la frecuencia relativa presentada.

No obstante, para la prueba del segundo dígito de los resultados obtenidos por Iván Duque (figura 12.B) se observa una mayor cercanía con la ley, a pesar de que sólo dos dígitos cumplen la totalidad de la ley.

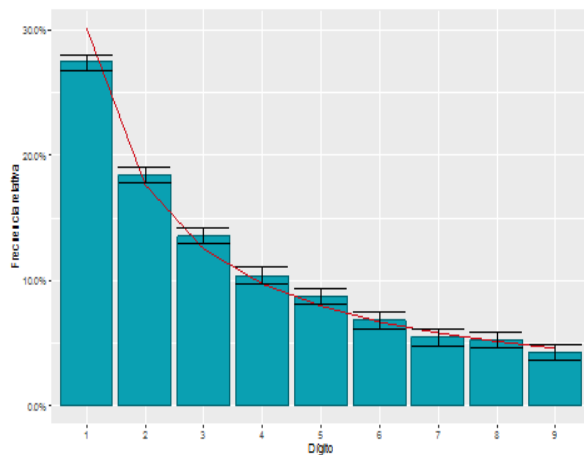
Para tener un panorama más amplio y realizar un mejor análisis, es oportuno recordar el contexto de cada una de las elecciones. Como se mencionó, las encuestas previas a las elecciones del año 2014, no coincidían en un solo opcionado a ganar. Sin embargo, le otorgaban una ventaja a Juan Manuel Santos frente a sus contrincantes. Por lo tanto, se pensaría que dicho candidato no tendría necesidad de alterar los resultados. No obstante, el ganador de la primera vuelta de las elecciones del 2014 fue Óscar Iván Zuluaga.

Por otra parte, si bien las encuestas previas a las elecciones del año 2018 daban como ganador a Iván Duque, existía un mayor número de contrincantes fuertes que en las elecciones del año 2014 que ponían en duda su victoria. Esto se reflejó en los resultados de

las elecciones del 2018, en donde el ganador obtuvo 39.34 % de la votación, Gustavo Petro ocupó el segundo lugar con un 25.08 %, y el tercer lugar ocupado por Sergio Fajardo se llevó un 23.78 %. Con ello, se observa que hubo una competencia ajustada y poca diferencia entre estos tres candidatos. Aquello no ocurrió en las elecciones del 2014 en donde la competencia se concentró en solo dos candidatos quienes pasaron a la segunda vuelta, es decir, Oscar Iván Zuluaga y Juan Manuel Santos. Además, cabe resaltar que para el año 2018 “el candidato de la Coalición Colombia (Sergio Fajardo) era el que más posibilidades tiene frente a Duque en una eventual segunda vuelta” (Revista Semana, 2019). Por lo que era conveniente para Iván Duque asegurar su victoria en la primera vuelta o procurar que su contrincante en la segunda vuelta no fuese Sergio Fajardo.

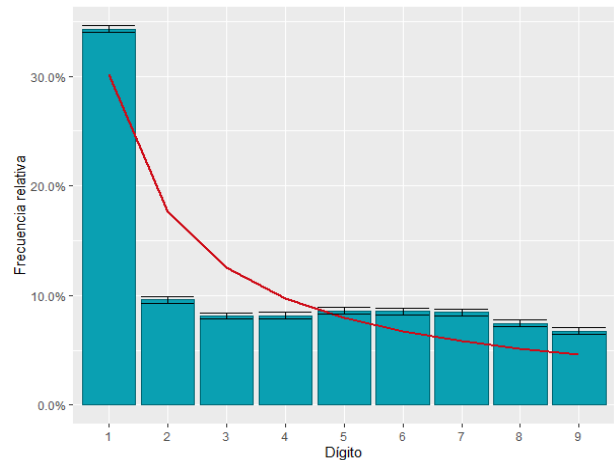
**Figura 11. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2014. Juan Manuel Santos por mesa de votación**

**A. 1BL**

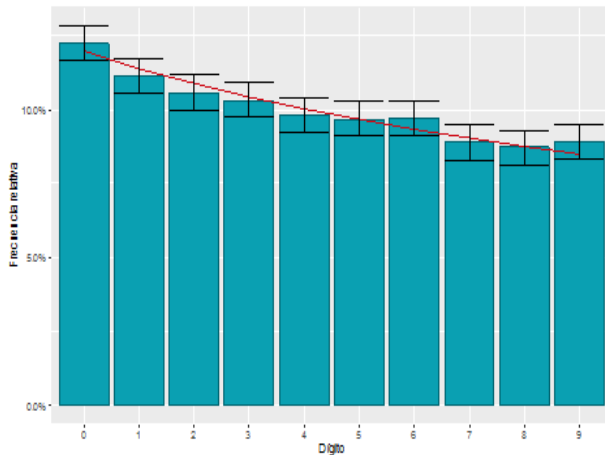


**Figura 12. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Iván Duque por mesa de votación**

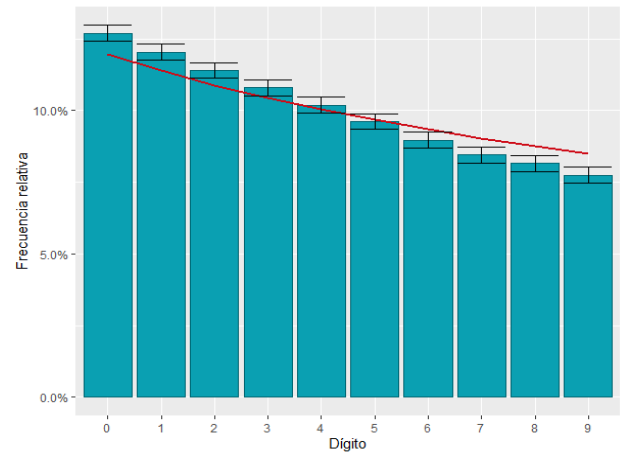
**A. 1BL**



**B. 2BL**



**B. 2BL**



### **Casos de estudio: posibles anomalías**

#### **Aida Merlano**

Aida Merlano es una ex congresista colombiana, oriunda de Barranquilla. En el año 2018, fue elegida como senadora, es decir, integrante del senado de la República, una de las dos cámaras que conforman el congreso de la República en Colombia. Sin embargo, en ese mismo año la Corte Suprema de Justicia la condenó a 15 años de prisión por los delitos de corrupción al sufragante agravado, fabricación, tráfico o porte ilegal de armas de fuego y desde abril del 2018 se encontraba pagando su condena en la cárcel el buen pastor de Bogotá (El Tiempo, 2019).

Pero el 1 de octubre del 2019 la excongresista se fugó y casi cuatro meses después fue hallada en Maracaibo, Venezuela. (La FM, 2020). En el mes de febrero del 2020, desde Venezuela, Aida Merlano le concedió una entrevista a la Revista Semana. En ésta declaró que la familia Char y la familia Gerlein (dos familias reconocidas por su poder político en el caribe colombiano), se encargaron de la compra de votos a favor del entonces candidato Iván Duque para la segunda vuelta de las elecciones presidenciales del 2018. En la



entrevista, Aida Merlano (2020) dijo: “Estuvieron con Germán Vargas hasta la primera vuelta, en la segunda vuelta ya Germán salió del escenario político, y ahí si toda la maquinaria política se enfrascó en apoyar a Duque y todos compraron votos para elegirlo”, refiriéndose a los políticos tradicionales de la costa caribe colombiana, específicamente en el Atlántico (departamento de Colombia). Este suceso llevó a que la Comisión de Investigación y Acusación abriera una investigación preliminar contra Iván Duque.

Teniendo lo anterior en cuenta, procedemos a testear el cumplimiento de la Ley de Benford en los territorios que menciona la denuncia, con el fin de probar si se podrían identificar estas posibles anomalías e iniciar una investigación mucho antes y así combatir la corrupción de una forma más eficiente. Por ello, a continuación se analizarán las pruebas de la Ley de Benford para los resultados obtenidos por Iván Duque en el departamento de Atlántico, en contraste con los votos alcanzados por todos los candidatos en la segunda vuelta de las elecciones colombianas del año 2018.

Como se puede observar en la figura 13.A la prueba del primer dígito para los resultados obtenidos por Iván Duque a nivel de mesa en el departamento del Atlántico, está muy lejos de acercarse a cumplir la Ley de Benford. Al analizar detalladamente la frecuencia relativa presentada, se puede llegar a la conclusión que si distribución no es logarítmica decreciente como lo propone la ley. Si bien la mayor frecuencia relativa es la del dígito 1, la segunda frecuencia relativa más alta es la del dígito 6, lo que muestra lo anteriormente dicho respecto a la distribución.

Si nos enfocamos en la prueba del segundo dígito para estos mismos resultados (figura 13.B), se evidencia que si se tienen en cuenta los intervalos de confianza, los resultados de

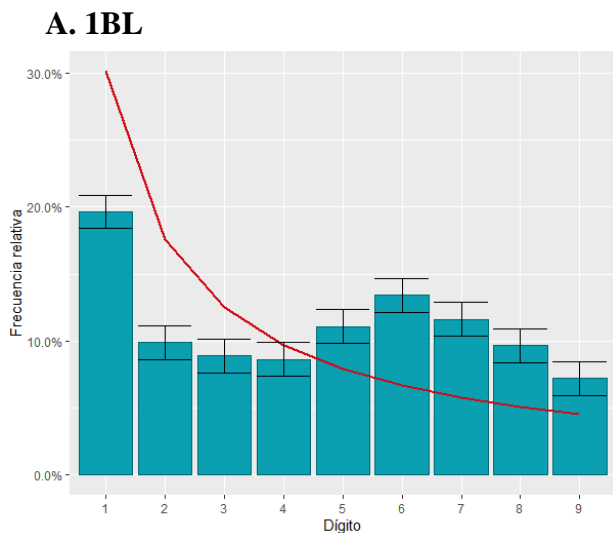
las elecciones para Iván Duque en el departamento del atlántico para la segunda vuelta, cumplen con la ley de Benford. Sin embargo, si se observan las barras de la figura sin tener en cuenta los intervalos de confianza, la distribución de los resultados se aleja de ser decreciente.

Es común que al analizar las pruebas de la Ley de Benford a nivel de un candidato con acusaciones de fraude, dichos resultados efectivamente no cumplan con lo estipulado en la ley. Pero, si se analizan los resultados a un nivel más amplio, por ejemplo, teniendo en cuenta las votaciones obtenidas por todos los candidatos, es probable que estos se acerquen en mayor medida a la ley de Benford. Aunque, al observar la distribución obtenida en los resultados de las elecciones en el atlántico no dejan un panorama alentador.

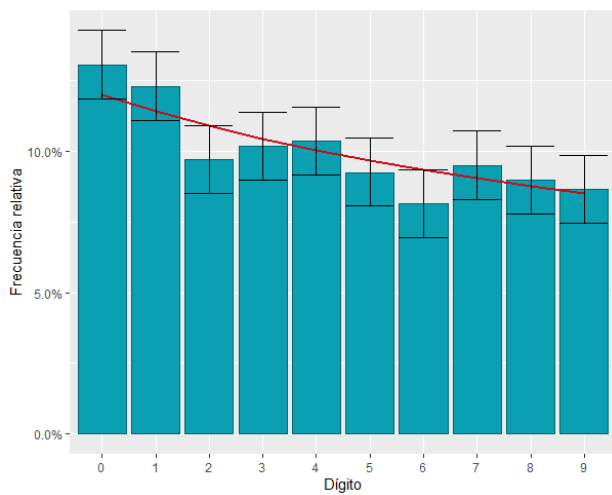
Con lo anterior, en la figura 14.A se puede verificar los resultados para la prueba del primer dígito para todos los candidatos en el departamento del Atlántico. Cabe resaltar que se están analizando las elecciones en segunda vuelta y por ende, los candidatos participantes eran dos; Iván Duque y Gustavo Petro. En dicha gráfica, se observa que el único dígito que cumple con la ley es el 1, el resto de los dígitos no llegan a acercarse a la distribución de Benford.

En el análisis de la prueba del segundo dígito (figura 14.B), existe una mayor cantidad de números que cumplen con la ley, en comparación con la prueba del primer dígito. A pesar de que la prueba del segundo dígito para los resultados de solo Iván Duque (figura 13.B) al unirlos con los resultados de Gustavo Petro se muestra una distribución más cerca de la logarítmica decreciente de Benford.

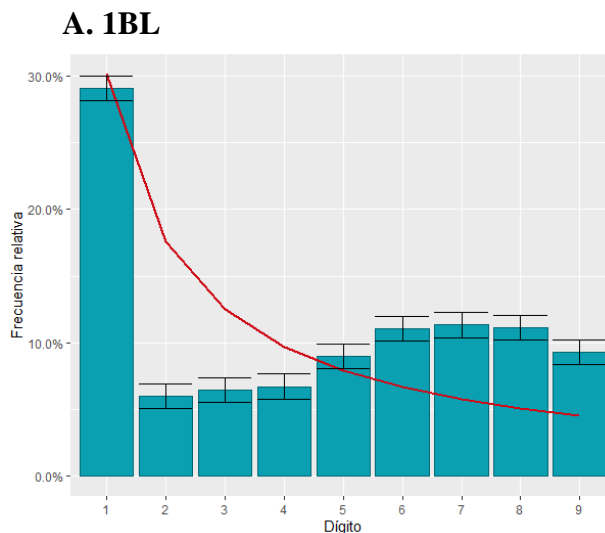
**Figura 13. Testeo de la ley de Benford en la segunda vuelta de elecciones 2018. Iván Duque por mesa de votación para el departamento de Atlántico**



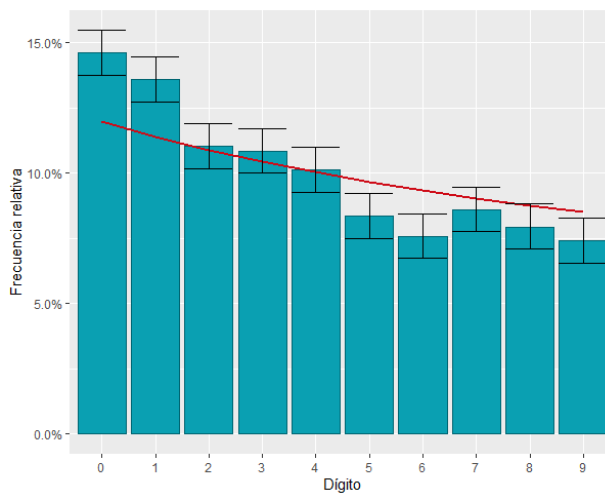
**B. 2BL**



**Figura 14. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Candidato por mesa de votación para el departamento de Atlántico**



**B. 2BL**



**José Guillermo Hernández**

José Guillermo Hernández, más conocido como Ñeñe Hernández, fue un reconocido ganadero colombiano, dueño de muchas propiedades que manejaba relaciones cercanas con reconocidos políticos del país. José murió el 2 de mayo de 2019 en un aparente atraco en el

país de Brasil y se hizo muy popular debido a una fuerte polémica por compra de votos relacionada con el actual presidente Iván Duque.

José Guillermo estaba siendo investigado por presuntos vínculos como testaferro del narcotraficante Marquitos Figueroa y por ser un posible actor intelectual del asesinato de un joven en Barranquilla. En el marco de la anterior investigación el teléfono de José Guillermo fue interceptado por la Fiscalía y allí fue donde se encontraron audios que comprometían la transparencia del Presidente de la República (Semana, 2020).

En los audios José Guillermo habla con una mujer sobre “buscar una plata para pasar bajo la mesa para soltarla en los departamentos” (Infobae, 2020) y más adelante la mujer menciona “me mandó Iván y Uribe para Manaure, Uribia, Riohacha y Maicao, tenemos que ganar en la Guajira”. Estas llamadas ocurrieron a 14 días de las votaciones para la segunda vuelta presidencial y alrededor de estos audios que contienen varias afirmaciones comprometedoras como las anteriormente descritas se señaló al presidente de cometer fraude electoral. En el momento el caso se encuentra en investigación y según El Tiempo (2020) se espera que el caso llegue al Consejo Nacional Electoral, organización responsable de la transparencia de los procesos electorales que se realicen en el país, a la comisión de acusación de la cámara dada la mención del presidente, a la Fiscalía por la relación de particulares en los posibles delitos y a la Corte Suprema de Justicia, puesto que menciona al Ex presidente Álvaro Uribe, quién se encuentra en procesos judiciales por otros motivos.

Tal como se mencionó anteriormente, se presume la posibilidad de que, si se tienen en cuenta las pruebas de la Ley de Benford, se podrían identificar anomalías e iniciar una investigación formal, también, servir de apoyo durante una indagación donde se presuma de fraude.

A continuación, se presenta el análisis de las pruebas de la Ley de Benford para los resultados obtenidos por el presidente Iván Duque en el departamento de la Guajira y el municipio de Valledupar, dónde es acusado de cometer fraude, comparando con los resultados de todos los candidatos, esto en el marco de la segunda vuelta de las elecciones colombianas de 2018.

Para los resultados obtenidos en la segunda vuelta en el año 2018 para el primer dígito filtrados por el candidato Iván Duque (figura 15.A) se puede apreciar que se aleja significativamente de cumplir la ley de Benford. La probabilidad esperada por cada dígito para Benford se aleja de la frecuencia relativa obtenida y en conclusión nos lleva a rechazar la hipótesis nula que determina la igualdad entre dichas frecuencias.

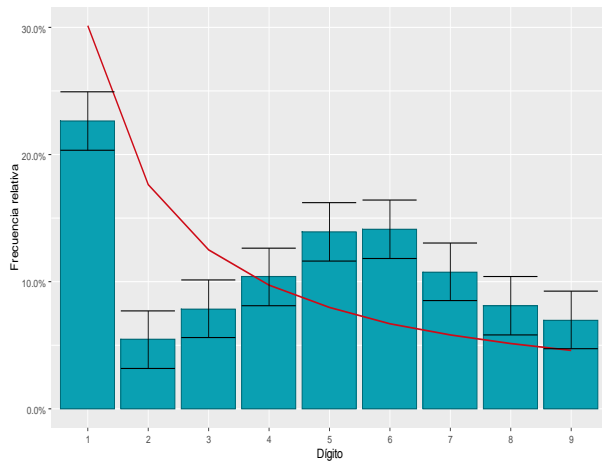
Ahora bien, la figura 16.A muestra los resultados obtenidos en la segunda vuelta presidencial de este año para todos los candidatos en conjunto para el primer dígito y el resultado obtenido no es confortante, pues se aleja de cumplir la ley de Benford, aunque tiene un mayor acercamiento en el primer dígito, en general no logra estar dentro de los intervalos de confianza.

Totalmente lo opuesto ocurre en los resultados para el segundo dígito de la segunda vuelta de estas elecciones tanto para Iván Duque como en general (figuras 15.B y 16.B). Estas pruebas se acercan un poco más a cumplir la Ley de Benford dado que en su mayoría los dígitos se encuentran dentro de los intervalos de confianza, acercándose un poco más el candidato Iván Duque pues sólo se encuentra por fuera del intervalo el primer dígito mientras que en la prueba realizada para todos los candidatos no se cumple en dos de los dígitos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que al observar las barras de las figuras únicamente, no se acercan mucho a cumplir la ley de Benford.

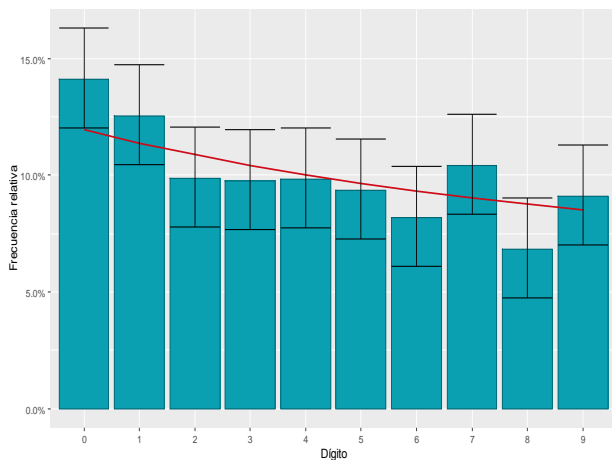
En general, podemos concluir que los resultados de las elecciones presidenciales del 2018 para el departamento de la Guajira muestran evidencia de fraude. La brecha entre las frecuencias relativas observadas y las esperadas es bastante amplia. Esto permite abrir paso a la posibilidad de usar la ley de Benford como herramienta de apoyo en casos de investigación, esto con acuerdo con la situación anteriormente descrita donde se acusa de cometer fraude electoral.

**Figura 15. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Iván Duque por mesa de votación para el departamento de la Guajira**

**A. 1BL**

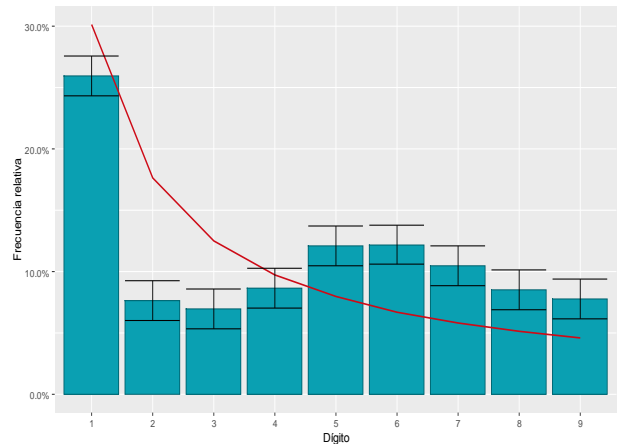


**B. 2BL**

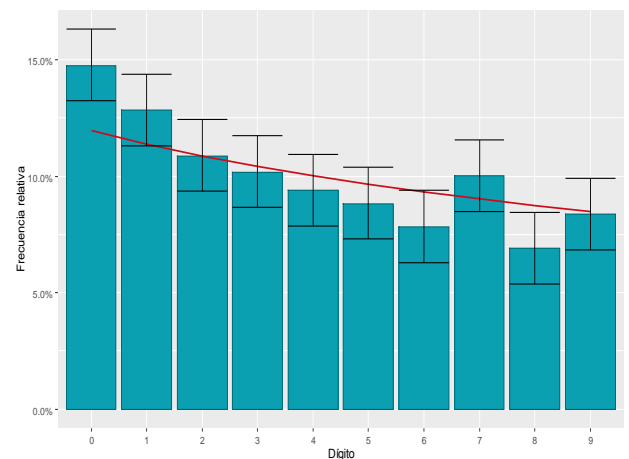


**Figura 16. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Departamento de la Guajira por mesa de votación**

**A. 1BL**



**B. 2BL**



En esta sección se realizará el análisis comparativo entre los resultados de las elecciones presidenciales 2018 filtrados por Iván Duque en el municipio de Valledupar y los resultados de esta misma región para todos los candidatos tanto para el primer como el segundo dígito con el fin de verificar lo dicho anteriormente acerca de la utilidad de la aplicación de la ley de Benford en casos de fraude electoral.

Para empezar, en la figura 16.A se muestran los resultados para el primer dígito obtenidos por el candidato Iván duque en el municipio de Valledupar. En este gráfico se puede observar una gran distancia del primer dígito con respecto de los demás, alejándose en gran medida de la frecuencia esperada. En cuanto a los demás dígitos, se nota una cercanía a la Ley de Benford en los últimos cuatro dígitos y estos se encuentran dentro de los intervalos de confianza.

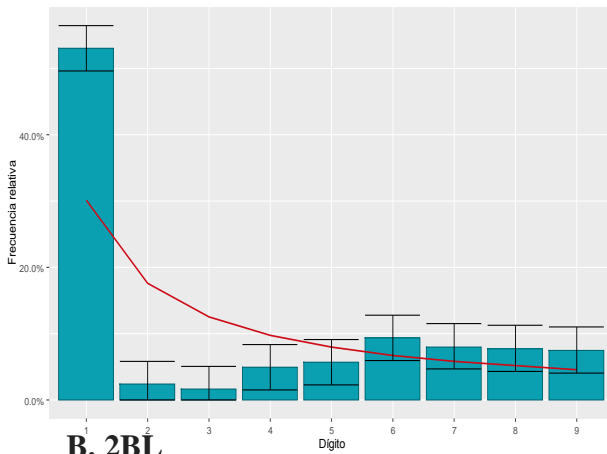
En cuanto a la prueba realizada para el segundo dígito de este candidato (figura 16.B) se observa un cumplimiento de la ley de Benford en 8 dígitos teniendo en cuenta que se encuentran dentro del intervalo de confianza, aunque si se revisan las barras del gráfico se puede notar diferencia con la distribución que deberían tener los dígitos según lo propuesto por Benford.

Comparando con los resultados obtenidos para todos los candidatos en el municipio de Valledupar se encuentran gráficos similares a los adquiridos por el candidato Iván Duque. Para el primer dígito (figura 17.A) se puede notar un gran distanciamiento entre el resultado y lo propuesto por la Ley de Benford, empezando con la tendencia creciente de las barras a partir del segundo dígito, cuando lo que plantea Benford se esperaría que fueran decrecientes. Además, se evidencia una gran distancia en el primer dígito como ocurrió en el gráfico del candidato Iván Duque.

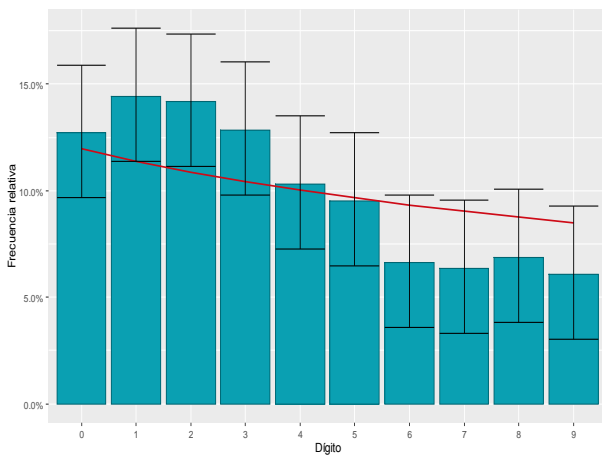
Por último, en los resultados obtenidos para el segundo dígito (figura 17.B) mejora un poco obteniendo 6 dígitos que se encuentran dentro del nivel de confianza. Sin embargo, es un resultado desmotivador ya que se esperaba que estos resultados que agrupan todos los candidatos se acercaran más a cumplir la ley de Benford.

**Figura 17. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Iván Duque por mesa de votación para el municipio de Valledupar**

**A. 1BL**

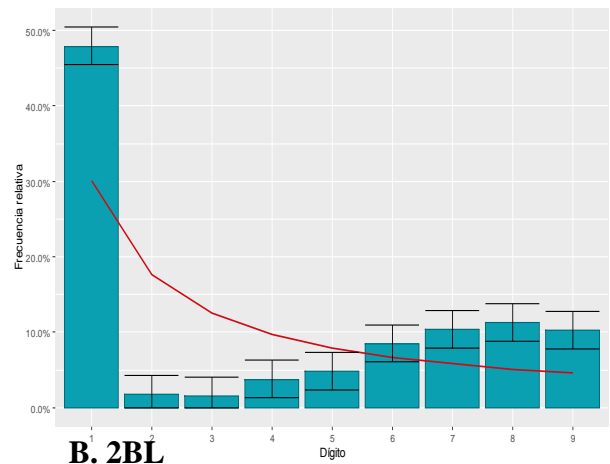


**B. 2BL**

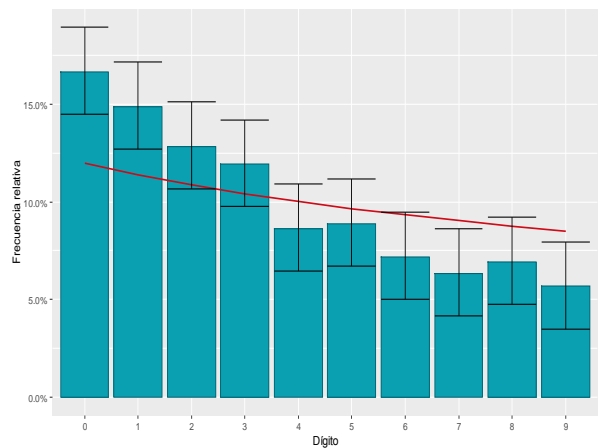


**Figura 18. Testeo de la ley de Benford en la primera vuelta de elecciones 2018. Para el municipio de Valledupar por mesa de votación**

**A. 1BL**



**B. 2BL**





## **Conclusiones**

Los resultados de las pruebas de primer y segundo dígito en las elecciones presidenciales colombianas de los años 2014 y 2018 evidenciaron que existen casos donde los votos obtenidos por los candidatos cumplen con la probabilidad de aparición de los dígitos hallada por Benford. Aun así, son muchos los casos en donde los resultados de las elecciones colombianas no cumplen con dicha ley. En consecuencia, se genera la inquietud de qué sucedió en los últimos casos mencionados, por lo que el llamado es a investigar los casos sospechosos y a partir de ello utilizar la ley de los números anómalos como una herramienta para detectar evidencia de fraude electoral.

Por su parte, el proyecto permitió analizar situaciones que actualmente están en investigación por inconsistencias en las elecciones. Ello con el propósito de constatar el funcionamiento de la ley. Los resultados arrojados son preocupantes ya que no solo concuerdan con las denuncias hechas, sino que también dejan expuesta la realidad del sistema electoral colombiano. Con todo, la evidencia hallada a partir de la ley de Benford comprueba su aplicabilidad en las elecciones colombianas y la necesidad de este método de verificación para que la llamada democracia cobre sentido en el país.

## Bibliografía

Benford, F., (1938). *The Law of Anomalous Numbers*. Proceedings of the American Philosophy Society, 78, 551 – 572.

Castañeda, G. (2011). *La ley de Benford y su aplicabilidad en el análisis forense de resultados electorales*. Política y gobierno, Vol XVIII, 297-329.

CNN Español. (2018). *Elecciones presidenciales en Colombia: una guía con todo lo que debes saber este 27 de mayo*. Octubre del 2019, de CNN Español Sitio web: <https://cnnespanol.cnn.com/2018/05/25/elecciones-colombia-presidenciales-2018-datos-clave-explicacion/>

Corporación Latinobarómetro. (2018). *Informe 2018*. Banco de datos en línea. [www.latinobarometro.org](http://www.latinobarometro.org)

Datos Abiertos. (2014). *DATOS ABIERTOS Histórico de Resultados*. Octubre de 2019, de Datos Abiertos Sitio web: <https://wsr.registraduria.gov.co/-Datos-abiertos-.html>

El Tiempo. (2018). *Colombia vivirá una histórica segunda vuelta entre izquierda y derecha*. Obtenido de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/elecciones-colombia-2018/presidenciales/ivan-duque-y-gustavo-petro-en-historica-segunda-vuelta-derecha-vs-izquierda-223220>

El Tiempo. (2019). *Los poderosos de la Costa a quienes toca fallo contra Aída Merlano*. Abril del 2020, de El Tiempo Sitio web: <https://www.eltiempo.com/justicia/cortes/los-detalles-de-la-condena-contrasenadora-aida-merlano-por-corrupcion-electoral-412960>

El Tiempo. (2020). *Este miércoles, primera reunión de investigadores del presidente Duque*. Obtenido de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/politica/congreso/en-que-están-los-procesos-contrael-presidente-duque-por-el-nene-hernandez-471016>

García, B. (2018). *Ley de Benford y los resultados electorales presidenciales de la primera vuelta*, Colombia 2018. Bogotá

Guy S. Goodwin-Gill. (2005). *ELECCIONES LIBRES Y JUSTAS*. Suiza: SRO-Kundig.

Infobae. (2020). *Quién era el “El Ñeño” Hernández, el ganadero y narco que tiene a Iván Duque frente al escándalo más grande de su gobierno*. Obtenido de Infobae: <https://www.infobae.com/america/colombia/2020/03/14/quien-era-el-el-nene-hernandez-el-ganadero-y-narco-que-tiene-a-ivan-duque-frente-al-escandalo-mas-grande-de-su-gobierno/>

Invamer. (2018). *Encuesta, Mayo 2018*. Obtenido de Scribd: [https://es.scribd.com/document/379610459/Encuesta-Mayo-2018#from\\_embed](https://es.scribd.com/document/379610459/Encuesta-Mayo-2018#from_embed)

La Crónica del Quindío. (2014). *Zuluaga gana en encuesta de Ipsos y Santos en la de Datexco*. Febrero del 2020, de La Crónica del Quindío Sitio web: <https://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo->

zuluaga\_gana\_en\_encuesta\_de\_ipsos\_y\_santos\_en\_la\_de\_datexco-seccion-Nacional-nota-74190.htm

Lacasa, L. & Fernández, J. (2018). *Election Forensics: Quantitative methods for electoral fraud detection*. ELSEVIER

Mack, V. & Shikano, S. (2013). *Benford's Law-test on trial. Simulation-based application to the latest election results from France and Russia*. University of Konstanz. RESEARCHGATE

Mebane, W. (2006). *Election Forensics: Vote Counts and Benford's Law*. RESEARCHGATE.

Miranda, M., Delbianco, F., & Tohmé, F. (2019). *Tampering with inflation data: A Benford law-based analysis of national statistics in Argentina*. ELSEVIER.

Molina, J. & Hernández, J. (1998). *LA CREDIBILIDAD DE LAS ELECCIONES LATINOAMERICANAS Y SUS FACTORES*. Maracaibo, Venezuela

Newcomb, S. (1881). *Note on the Frequency of Use of the Different Digits in Natural Numbers*. American Journal of Mathematics, Vol. 4, No. pp. 39-40

Noruega, S.. (2020). *Confirmado: Aida Merlano fue capturada. Abril del 2020*, de La FM Sitio web: <https://www.lafm.com.co/judicial/confirmado-aida-merlano-fue-capturada>

Noticias RCN (2014). *Zuluaga, adelante en la intención de voto para la segunda vuelta*. Febrero del 2020, de Noticias RCN Sitio web: <https://noticias.canalrcn.com/nacional-elecciones/zuluaga-adelante-intencion-voto-segunda-vuelta>

Periódico El Tiempo. (2014). *Leve ventaja de Santos en carrera con Zuluaga*. Febrero de 2020, de El Tiempo Sitio web: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14080825>

RCN Radio. (2014). *Según la Gran Encuesta, Santos y Zuluaga se disputan la Presidencia*. Febrero de 2020, de RCN Radio Sitio web: <https://www.rcnradio.com/colombia/santos-y-zuluaga-empatan-en-primera-y-segunda-vuelta-para-las-elecciones-presidenciales>

Registraduría Nacional del Estado Civil. (2018). *RESULTADOS ELECCIONES 2018 PRESIDENTE Y VICEPRESIDENTE DE LA REPUBLICA PRIMERA VUELTA*. Octubre del 2019, de Registraduría Nacional del Estado Civil Sitio web: <https://www.datos.gov.co/Resultados-Electorales/RESULTADOS-ELECCIONES-2018-PRESIDENTE-Y-VICEPRESID/9fg7-zvbs>

Registraduría Nacional del Estado Civil. (2018). *RESULTADOS ELECCIONES 2018 PRESIDENTE Y VICEPRESIDENTE DE LA REPUBLICA SEGUNDA VUELTA*. Octubre del 2019, de Registraduría Nacional del Estado Civil Sitio web: <https://www.datos.gov.co/Resultados-Electorales/RESULTADOS-ELECCIONES-2018-PRESIDENTE-Y-VICEPRESID/9fg7-zvbs>

Revista Semana (2020, enero 22) *Entrevista Aida Merlano habla desde Venezuela sobre sus declaraciones en exclusiva* | Vicky en Semana. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=p2TZDJlp4M8>

Revista Semana. (2014). *Gran Encuesta: Zuluaga 49% Santos 41%*. Febrero de 2020, de Revista Semana Sitio web: <https://www.semana.com/nacion/elecciones-2014/articulo/zuluaga-49-santos-41-en-elecciones-2014/390598-3>

Revista Semana. (2014). *Santos gana en primera vuelta, Peñalosa en segunda*. Febrero de 2020, de Revista Semana Sitio web: <https://www.semana.com/nacion/elecciones-2014/articulo/santos-gana-en-primera-vuelta-penalosa-en-segunda/380733-3>

Revista Semana. (2014). *Zuluaga puntea por primera vez en una encuesta*. Febrero del 2020, de Revista Semana Sitio web: <https://www.semana.com/nacion/elecciones-2014/articulo/zuluaga-seria-el-presidente-segun-encuesta-de-elecciones-2014/387163-3>

Revista Semana. (2014). *Zuluaga puntea por primera vez en una encuesta*. Febrero de 2020, de Revista Semana Sitio web: <https://www.semana.com/nacion/elecciones-2014/articulo/zuluaga-seria-el-presidente-segun-encuesta-de-elecciones-2014/387163-3>

Reyes, E. (2014). *Cinco candidatos se disputan la presidencia de Colombia*. Febrero de 2020, de El País Sitio web: [https://elpais.com/internacional/2014/03/31/actualidad/1396230288\\_086781.html](https://elpais.com/internacional/2014/03/31/actualidad/1396230288_086781.html)

Richard, E. (2015). *Elecciones presidenciales en Colombia en 2014: construcción de relatos de paz*. Marzo del 2019, de Universidad Externado de Colombia Sitio web: <https://zero.uexternado.edu.co/elecciones-presidenciales-en-colombia-en-2014-construccion-de-relatos-de-paz/>

Ruiz, L. (2018). *Prueba de chi-cuadrado ( $\chi^2$ ): qué es y cómo se usa en estadística*. Octubre del 2019, de Psicología y Mente Sitio web: <https://psicologiymente.com/miscelanea/prueba-chi-cuadrado>

Semana (2020). *El fantasma del Ñeñe*. Obtenido de Semana: <https://www.semana.com/nacion/articulo/la-nenepolitica-escandalo-por-compra-de-votos-del-nene-hernandez/655526>

Sierra, P. (2014). *Una encuesta le da la ventaja a Santos y la otra a Zuluaga*. Febrero de 2020, de EL HERALDO Sitio web: <https://www.elheraldo.co/politica/un-encuesta-le-da-la-ventaja-santos-y-la-otra-zuluaga-155029>

Toalombo Montero, Franklin Geovanny (2016). *Análisis de los resultados electorales obtenidos de la aplicación del voto electrónico en el Ecuador*. Caso proceso electoral de febrero 2014. Quito: IAEN. 117 p.

Yanhaas. (2018). *LA GRAN ENCUESTA ELECCIONES 2018*. Yanhaas advanced market research. Obtenido de <https://www.elpais.com.co/especiales/gran-encuesta-yanhaas-abril-2018.pdf>