



1. Objetivo

Establecer si existe evidencia estadística de anomalías en los registros de la base de datos del contagio en Colombia por ciudad; mediante la aplicación de la ley de Benford y utilizando la base de datos de covid-19 del Instituto Nacional de Salud, la cual fue consultada en su sitio web oficial el 4 de Junio de 2020 a las 9:00 a.m.

2. Palabras claves

Ley de Benford, Prueba de Bondad de Ajuste, Prueba Ji-Cuadrado, Instituto Nacional de Salud, Base de datos de contagio positivo del Instituto Nacional de Salud, Beatriz García Peña, Analítica y Datos

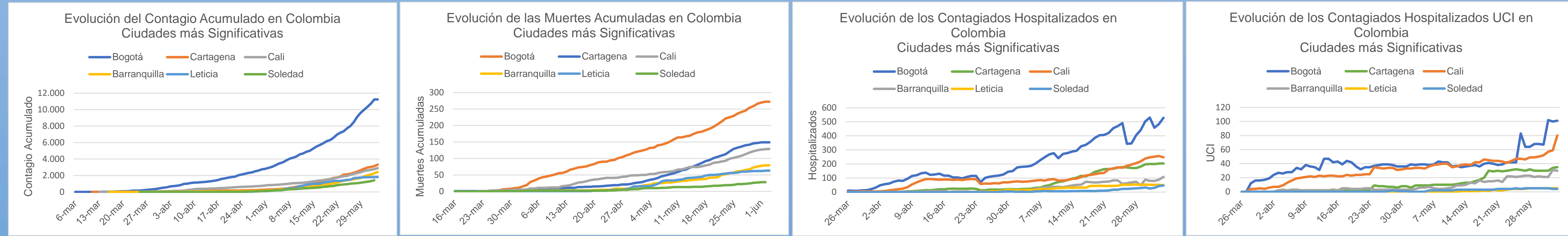
3. Fórmulas

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

$$p(X = n) = \log_{10}(n + 1) - \log_{10}(n) \text{ para } 10 \leq n \leq 99$$

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\#\{n \leq N : a_n \text{ tiene como primera cifra a } d\}}{N} = \log_{10} \left(1 + \frac{1}{d} \right)$$

4. Evolución del Contagio por Ciudades Significativas a 4 de Junio de 2020-Día 90 del Contagio en Colombia



5. Metodología

- Cálculo de la respectiva distribución de frecuencias del primer dígito, de los dos primeros dígitos significativos y de los últimos dos dígitos significativos para el número de contagiados, muertos y atendidos en casa, hospital y UCI discriminado por ciudad
- Elaboración de las respectivas pruebas de hipótesis, utilizando una distribución χ^2 Ji-cuadrado, prueba de bondad de ajuste, para establecer si tales frecuencias eran iguales o diferentes a las establecidas por la Ley de Benford
- Priorización de las ciudades cuyos datos de contagiados, muertos y atendidos en casa, hospital y UCI son significativamente anómalos teniendo en cuenta los resultados del primer dígito significativo, de los dos primeros dígitos significativos y los dos últimos dígitos significativos, si es el caso

6. Resultados

Concepto	Tipo de Análisis	Ciudades	χ^2	Grados de Libertad	Resultado
Contagiados	Primer dígito	426	50,9 ***	8	Resultado significativo a 0,01; el número de contagiados por ciudades colombianas no satisfacen la Ley de Benford para el primer dígito. Esta diferencia es significativa y en orden descendiente en las ciudades en las cuales el número de contagiados comienza por 1 (48%), 8(15%) y 9(11%).
	Primeros dos dígitos	132	94,8	89	Resultado no significativo
	Dos últimos dígitos	132	281,6 ***	99	Resultado significativo a 0,01; el número de contagiados por ciudades colombianas no satisfacen la Ley de Benford para los dos últimos dígitos. Esta diferencia es significativa y en orden descendiente en las ciudades en las cuales los dos últimos dígitos del número de contagiados son 15(31%) y 12(12%).
Fallecidos	Primer dígito	126	77,7 ***	8	Resultado significativo a 0,01; el número de fallecidos por ciudades colombianas no satisfacen la Ley de Benford para el primer dígito. Esta diferencia es significativa en las ciudades en las cuales el número de fallecidos comienza por 1 (57%).
	Primeros dos dígitos	12	0,0	0	Número de ciudades a considerar no admisibles para este tipo de investigación
	Dos últimos dígitos	12	0,0	0	Número de ciudades a considerar no admisibles para este tipo de investigación
Atención	Primer dígito	469	103,6 ***	8	Resultado significativo a 0,01; el número de hospitalizados por ciudades colombianas no satisfacen la Ley de Benford para el primer dígito. Esta diferencia es significativa en las ciudades en las cuales el número de hospitalizados según atención comienza por 1 (59%).
	Primeros dos dígitos	99	66,1	89	Número de ciudades a considerar no admisibles para este tipo de investigación
	Dos últimos dígitos	99	148,5	99	Número de ciudades a considerar no admisibles para este tipo de investigación

Fuente: Elaboración Propia, *p<0,05; **p<0,02; ***p<0,01

No.	Tipo	Ciudad	Contagios	Prioridad Primer Dígito	Prioridad Últimos Dos Dígitos
1	Contagio	Bogotá D.C.	11.234	Prioridad 1	
2	Contagio	Leticia	1.826	Prioridad 1	
3	Contagio	Soledad	1.475	Prioridad 1	
4	Contagio	Villavicencio	938	Prioridad 3	
5	Contagio	San Andrés de Tumaco	859	Prioridad 2	
6	Contagio	Pereira	177	Prioridad 1	
7	Contagio	Ibagué	164	Prioridad 1	
8	Contagio	Ipiales	163	Prioridad 1	
9	Contagio	Neiva	149	Prioridad 1	
10	Contagio	Pueblo Viejo	143	Prioridad 1	
11	Contagio	Ciénega	125	Prioridad 1	
12	Contagio	Pasto	115	Prioridad 1	Prioridad 1
13	Contagio	Mosquera	108	Prioridad 1	
14	Contagio	Sabanagrande	103	Prioridad 1	
15	Contagio	Bello	94	Prioridad 3	
16	Contagio	Cúcuta	94	Prioridad 3	
17	Contagio	Montería	92	Prioridad 3	
18	Contagio	Turbaco	90	Prioridad 3	
19	Contagio	Galapa	88	Prioridad 2	
20	Contagio	Anapoima	19	Prioridad 1	
21	Contagio	La Calera	18	Prioridad 1	
22	Contagio	Tenjo	18	Prioridad 1	
23	Contagio	Calarcá	17	Prioridad 1	
24	Contagio	Cartago	16	Prioridad 1	
25	Contagio	Pitalito	16	Prioridad 1	
26	Contagio	Acacías	15	Prioridad 1	Prioridad 1
27	Contagio	Chiquinquirá	15	Prioridad 1	Prioridad 1
28	Contagio	Cota	15	Prioridad 1	Prioridad 1
29	Contagio	El Colegio	15	Prioridad 1	Prioridad 1
30	Contagio	Floridablanca	15	Prioridad 1	Prioridad 1
31	Contagio	Guadalajara de Buga	15	Prioridad 1	Prioridad 1
32	Contagio	Lorica	15	Prioridad 1	Prioridad 1
33	Contagio	Pacho	15	Prioridad 1	Prioridad 1
34	Contagio	Polonuevo	15	Prioridad 1	Prioridad 1
35	Contagio	Riohacha	15	Prioridad 1	Prioridad 1
36	Contagio	Sitónuevo	15	Prioridad 1	Prioridad 1
37	Contagio	Dagua	14	Prioridad 1	
38	Contagio	González	14	Prioridad 1	
39	Contagio	La Mesa	14	Prioridad 1	
40	Contagio	Rionegro	14	Prioridad 1	
41	Contagio	San Andrés	14	Prioridad 1	
42	Contagio	Sutamarchán	14	Prioridad 1	
43	Contagio	Togú	14	Prioridad 1	
44	Contagio	Granada	13	Prioridad 1	
45	Contagio	Olaya Herrera	13	Prioridad 1	
46	Contagio	Piendamó	13	Prioridad 1	
47	Contagio	Tocancipá	13	Prioridad 1	
48	Contagio	Unión Panamericana	13	Prioridad 1	
49	Contagio	Villapinzón	13	Prioridad 1	
50	Contagio	Zona Bananera	13	Prioridad 1	
51	Contagio	Fómeque	12	Prioridad 1	Prioridad 2
52	Contagio	La Estrella	12	Prioridad 1	Prioridad 2
53	Contagio	Melgar	12	Prioridad 1	Prioridad 2
54	Contagio	Ocaña	12	Prioridad 1	Prioridad 2
55	Contagio	Oporopa	12	Prioridad 1	Prioridad 2
56	Contagio	Sibaté	12	Prioridad 1	Prioridad 2
57	Contagio	Turbaná	12	Prioridad 1	Prioridad 2
58	Contagio	Villamaría	12	Prioridad 1	Prioridad 2
59	Contagio	Mitú	11	Prioridad 1	
60	Contagio	San Pablo	11	Prioridad 1	
61	Contagio	Santander de Quilichao	11	Prioridad 1	
62	Contagio	Sopó	11	Prioridad 1	
63	Contagio	La Ceja	10	Prioridad 1	
64	Contagio	Montenegro	10	Prioridad 1	
65	Contagio	Piedecuesta	10	Prioridad 1	
66	Contagio	Pradera	10	Prioridad 1	
67	Contagio	Subachoque	10	Prioridad 1	
68	Contagio	El Banco	9	Prioridad 3	
69	Contagio	Gachancipá	9	Prioridad 3	
70	Contagio	Guateque	9	Prioridad 3	
71	Contagio	La Unión	9	Prioridad 3	
72	Contagio	Algeciras	8	Prioridad 2	
73	Contagio	Chinchiná	8	Prioridad 2	
74	Contagio	Ponedera	8	Prioridad 2	
75	Contagio	San Juan del Cesar	8	Prioridad 2	
76	Contagio	Sogamoso	8	Prioridad 2	
77	Contagio	Tabio	8	Prioridad 2	
78	Contagio	Villeta	8	Prioridad 2	
Total			18.777		
% de ciudades a revisar prioritariamente			18%		

No.	Tipo	Ciudad	Fatalidad	Prioridad Primer Dígito
1	Fatalidad	Cartagena de Indias	149	Prioridad 1
2	Fatalidad	Cali	129	Prioridad 1
3	Fatalidad	Malambo	16	Prioridad 1
4	Fatalidad	Pueblo Viejo	12	Prioridad 1
5	Fatalidad	Cúcuta	10	Prioridad 1
Total			316	
% de ciudades a revisar prioritariamente			4%	

No.	Ciudad	Tipo Atención	Casos	Prioridad Primer Dígito	Prioridad Últimos Dos Dígitos
1	Barranquilla	Casa	1.675	Prioridad 1	
2	Cali	Casa	1.402	Prioridad 1	
3	Buenaventura	Casa	411		Prioridad 1
4	Quibdó	Casa	182	Prioridad 1	
5	Santa Marta	Casa	162	Prioridad 1	
6	Barranquilla	Hospital	108	Prioridad 1	
7	Pueblo Viejo	Casa	103	Prioridad 1	
8	Bogotá D.C.	UCI	101	Prioridad 1	
9	Agustín Codazzi	Casa	19	Prioridad 1	
10	Girón	Casa	19	Prioridad 1	
11	Maicao	Casa	19	Prioridad 1	
12	Puerto Tejada	Casa	18	Prioridad 1	
13	Santa Marta	Hospital	18	Prioridad 1	
14	Soacha	Hospital	18	Prioridad 1	
15	Anapoima	Casa	17	Prioridad 1	
16	Arjona	Casa	17	Prioridad 1	
17	La Calera	Casa	16	Prioridad 1	
18	Palmita	Casa	16	Prioridad 1	
19	Sahagún	Casa	16	Prioridad 1	
20	Espinal	Casa	15	Prioridad 1	
21	Apartadó	Casa	14	Prioridad 1	
22	Barrancabermej	Casa	14	Prioridad 1	
23	González	Casa	14	Prioridad 1	
24	Ipiales	Hospital	14	Prioridad 1	
25	La Mesa	Casa	13	Prioridad 1	
26	Popayán	Casa	13	Prioridad 1	
27	Sitónuevo	Casa	13	Prioridad 1	
28	Copacabana	Casa	12	Prioridad 1	
29	Pereira	Casa	12	Prioridad 1	
30	Dagua	Casa	11	Prioridad 1	Prioridad 1
31	Duitama	Casa	11	Prioridad 1	Prioridad 1
32	El Colegio	Casa	11	Prioridad 1	Prioridad 1
33	Florida	Casa	11	Prioridad 1	Prioridad 1
34	Mitú	Casa	11	Prioridad 1	Prioridad 1
35	Quibdó	Hospital	11	Prioridad 1	Prioridad 1
36	Bucaramanga	Casa	10	Prioridad 1	
37	San Pablo	Casa	10	Prioridad 1	
38	Buenaventura	UCI	10	Prioridad 1	
Total			4.567		
% de ciudades a revisar prioritariamente			8%		

Fuente: Elaboración Propia

7. Conclusiones

Las tres tablas ubicadas a la izquierda muestran los posibles datos anómalos por ciudades y según contagio, fatalidad y tipo de atención

8. Recomendaciones

Evidentemente la no satisfacción de la Ley de Benford en un conjunto determinado de datos no es prueba suficiente de la existencia de irregularidades, sin embargo, constituye un buen indicio para justificar una inspección más detallada, la cual puede detectar problemas de logística, de transcripción e irregularidades; entre otros.

El desarrollo de la presente investigación se constituye en una metodología estadística aplicable a las cifras que registran el contagio en Colombia y recomendable como una herramienta de auditoría de calidad de la información gubernamental sobre la pandemia.

9. Bibliografía

- [1] Instituto Nacional de Salud, Base de datos sobre casos positivos, <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Coronavirus.aspx>
- [2] Hill, TP (1998). The First-Digit Phenomenon. American Scientist 86 (4), 358-363.
- [3] Hernández H. (2009). Ley de Benford, Herramientas para Detectar Fraudes en la Auditoría de Sistemas de Información (Tesis Maestría en administración). Universidad EAF, Medellín, Colombia.
- [4] Martínez R y otros. (2009). Ley de Benford y sus Aplicaciones (Tesis Licenciatura en Estadística). Universidad del Salvador, San Salvador, Salvador.
- [5] Nigrini, M. (2012). Benford's Law Applications for Forensic Accounting, Auditing, and Fraud Detection. Wiley.
- [6] Caputi, M (2016), Ley de Benford (Tesis de Diploma). ANEP, Montevideo, Uruguay.
- [7] BBC Mundo, Coronavirus en México: ¿qué hay detrás del súbito aumento de muertes por la pandemia de covid-19?; Alberto Nájjar, BBC News Mundo, México, 4 jun 2020.