

EL número de casos confirmados de la covid-19 en Ecuador identificados por provincia de atención, se ajustan a la distribución de la ley de newcomb-benford

Jara-Ortega Paul
<https://orcid.org/0000-0003-2029-2891>

¹Universidad Central del Ecuador,
 Facultad de Ciencias Biológicas

Correspondencia: Paul Jara Ortega MD, PhD (c). Facultad de Ciencias Biológicas. Cel. 0987973411. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador; jjjarao@uce.edu.ec, jarapaul18@gmail.com

Recibido: 5 de mayo de 2021
 Aceptado: 30 de junio de 2021

Resumen:

Introducción: Los datos epidemiológicos de la COVID-19 de China, Estados Unidos, Corea del Sur, Inglaterra, España, Italia, Alemania, Holanda y Suecia se ajustan a la distribución de la Ley de Newcomb-Benford, lo cual indicaría que no existe falsificación de datos. En Ecuador no se ha realizado un tratamiento de los datos con esta metodología.

Objetivo: Conocer si los datos proporcionados por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, con respecto a los casos confirmados con la COVID-19 por provincia de atención, se ajustan a la Ley de Newcomb-Benford.

Material y métodos: Se utilizó la base de datos epidemiológicos del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, donde se aplicó la Ley de Newcomb-Benford a los datos epidemiológicos y luego se realizó la prueba de Chi-cuadrado de bondad de ajuste.

Resultados: Se obtuvo un valor p de 0,872 que es mayor al valor de significancia $\alpha = 0,05$ y un valor de Chi-cuadrado = 3,82722, que es menor al valor crítico de Chi-cuadrado 15,5073.

Conclusión: Se aceptó la hipótesis nula, asumiendo que los datos epidemiológicos si se ajustan a la Ley de Newcomb-Benford y por ende no existiría datos falsificados.

Palabras clave: COVID-19, monitoreo epidemiológico, conceptos matemáticos.

The number of confirmed cases of covid-19 in ecuador, identified by province of attention, complies with the distribution of the newcomb-benford law

Abstract

Background: The epidemiological data of the COVID-19 from China, the United States, South Korea, England, Spain, Italy, Germany, Holland and Sweden are adjusted to the distribution of the Newcomb-Benford Law, which would indicate that there is no falsification of data. In Ecuador, no data processing has been carried out with this methodology.

Objective: To know if the data provided by the Ministry of Public Health of Ecuador, with respect to the confirmed cases with the COVID-19 by province of care, are adjusted to Newcomb-Benford Law.

Material and methods: The epidemiological database of the Ministry of Public Health of Ecuador was used, where the Newcomb-Benford Law was applied to the epidemiological data and then the Chi-square goodness-of-fit test was performed.

Results: A p value of 0.872 was obtained, which is greater than the significance value $\alpha = 0.05$ and a Chi-square value = 3.82722, which is less than the critical value of Chi-square 15.5073.

Conclusion: The null hypothesis was accepted, if the epidemiological data do conform to the Newcomb-Benford Law and therefore there would be no falsified data.

Keywords: COVID-19, epidemiological monitoring, mathematical concepts.

Cómo citar este artículo: Jara-Ortega P. El número de casos confirmados de la COVID-19 en Ecuador identificados por provincia de atención, se ajustan a la distribución de la Ley de Newcomb-Benford. Rev Fac Cien Med (Quito). 2021; 46(2): 11-20



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons de tipo Reconocimiento - No Comercial - Sin obras derivadas 4.0 International License

Introducción

The COVID-19

La enfermedad por coronavirus denominada también COVID-19, surgió en diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan, China. La enfermedad es causada por el nuevo coronavirus 2, denominado síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2, por sus siglas en inglés)¹. Es un virus de RNA mensajero perteneciente a la subfamilia Coronavirinae^{2,3} cuya secuencia genómica está disponible en: GenBank Accession No. MN908947 de Wuhan-Hu-1^{4,5}. La incubación del virus varía de 2 a 14 días y los primeros síntomas suelen presentarse a partir del quinto día⁶. Existe un número alto de pacientes infectados que son asintomáticos, así mismo la enfermedad puede provocar cuadros clínicos leves o graves de neumonía^{7, 8, 9}.

Ecuador y la COVID-19

En Ecuador el primer caso infectado por SARS-CoV-2 se confirmó el 29 de febrero de 2020. El 11 de marzo de 2020 con el Acuerdo Ministerial No 00126-2020, la Ministra de Salud declaró Estado de Emergencia Sanitaria, luego el 13 de marzo de 2020 el COE Nacional se activó para gestionar la emergencia sanitaria¹⁰.

Desde el 29 de febrero, los casos confirmados de COVID-19 en Ecuador siguieron aumentando, hasta la fecha 16 de octubre de 2020 el Ministerio de Salud Pública (MSP) reportó 151.659 casos confirmados de COVID-19 por medio de pruebas

PCR, 128.134 pacientes recuperados, 20.249 pacientes con alta hospitalaria, 8.072 pacientes fallecidos confirmados por la COVID-19, 500 pacientes hospitalizados estables, 331 pacientes con pronóstico reservado y casos descartados 265.959 personas¹⁰. Es necesario mencionar que los datos se actualizaron con regularidad. La información estadística sobre los casos de la COVID-19 en el país, están disponibles libremente en un compendio de 57 documentos (hasta la fecha 17/10/2020), con denominación: “Boletines epidemiológicos coronavirus por semana” (link: <https://www.salud.gob.ec/boletines-epidemiologicos-coronavirus-por-semanas/>)¹¹.

Ley de Newcomb-Benford (LNB)

Esta ley también denominada ley del primer dígito, indica que a partir de la observación empírica de un grupo significativo de números, la mayoría de ellos (mayor probabilidad) empezarán con el dígito 1, luego con el dígito 2 y así sucesivamente en orden ascendente hasta el dígito 9, indicando que esta ley es logarítmica, aplicada para el primer dígito más significativo^{12, 13}, demostrada a partir de la siguiente ecuación²⁶:

$$(1)Pd^1 = \log^{10} (1+d1-1), \text{ donde } d = 1, 2, \dots, 9$$

(P = Probabilidad del primer dígito significativo).

En la Tabla 1 y Figura 1, se muestran las probabilidades del primer dígito más significativo, para la Ley de Newcomb-Benford, obtenidas a partir de la ecuación (1)¹²

Tabla 1. Probabilidades y frecuencias para el valor del primer dígito más significativo, de los nueve dígitos

Dígito (d)	Probabilidad P(d)	%
1	0,3010	30,1
2	0,1761	17,6
3	0,1249	12,5
4	0,0969	9,7
5	0,0792	7,9
6	0,0669	6,7
7	0,0580	5,8
8	0,0512	5,1
9	0,0458	4,6

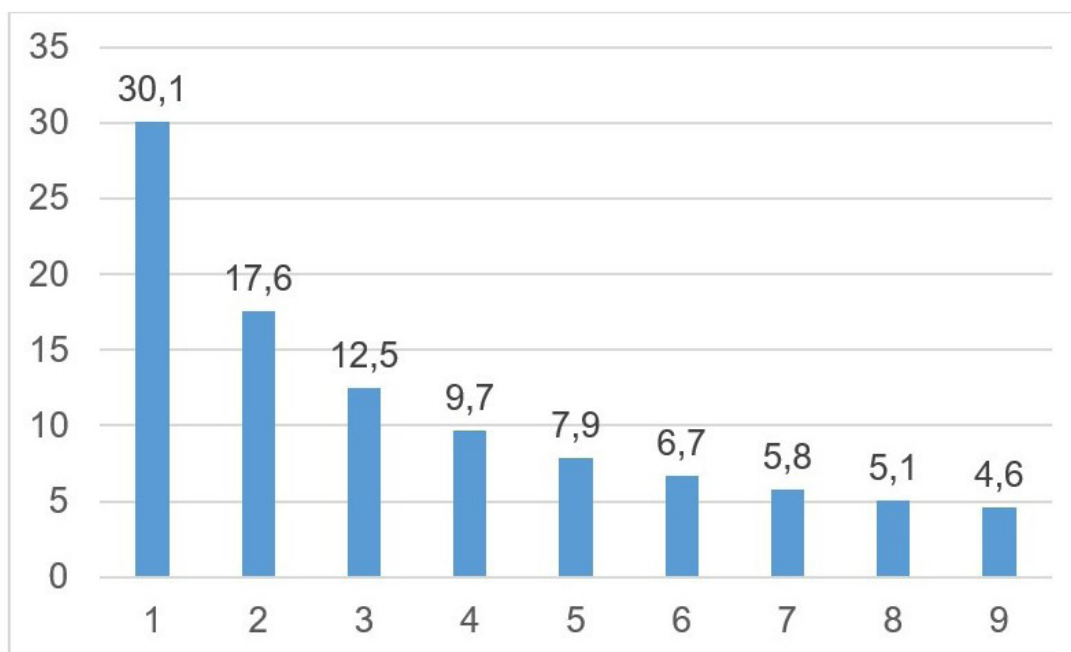


Figura 1. Probabilidades de la Ley de Newcomb-Benford para el primer dígito más significativo.

Fuente: Newcomb (1881), formato modificado por Paul Jara-Ortega.

También se debe mencionar que la expresión logarítmica para el primer dígito más significativo (ecuación), es aplicada para la probabilidad de cualquier otro dígito (2,3, ...9)^{12,13}:

$$(1)P_{d_1d_2} = \log^{10} (1+d_1d_2^{-1})$$

Condiciones para aplicar la LNB

Las condiciones para aplicar la LNB es obtener datos de una mezcla estadística, magnitudes medibles de un mismo fenómeno, datos no pre-establecidos, datos provenientes de la naturaleza. Obtener aproximadamente 10000, para aplicar la prueba de los tres primeros dígitos (mientras más datos mejor)¹⁴, los datos se ajustan independiente al tipo de escala de medición, ya sea de sistema métrico a sistema anglosajón o viceversa.¹⁵⁻²⁰

Aplicaciones de la LNB

En los años 70 se aplicó la LNB en ingeniería informática y en el desarrollo de modelos matemáticos^{21,22}. En general la LNB se aplica para la detección de fraude¹⁵ o sesgo en datos financieros^{19,20}, electorales^{14,23}, en Biología²⁴⁻²⁷, en datos de Física atómica²⁸, en datos científicos²⁹ y patrones de música clásica³⁰.

La LNB y la COVID-19

Zhang³¹ obtuvo como resultado que los números de casos identificados con la COVID-19 en China, si se ajustan a la distribución de la LNB, con lo cual pudo concluir que los datos no fueron falsificados. Así mismo Koch y Okamura³², analizaron los casos por la COVID-19 en China, Italia y Estados Unidos, encontrando que estos datos cumplen con la distribución de la LNB. Otro estudio realizado por Lee y colaboradores³³, estudiaron los datos de los casos de la COVID-19, además analizaron el crecimiento de casos y el análisis de predicciones en el aplanamiento de la curva de crecimiento en Estados Unidos, China, Korea del Sur, Japón, Inglaterra, España, Italia, Alemania, Holanda y Suecia; los datos si cumplieron con la LNB, excepto por los datos provenientes de Japón, aludiendo que posiblemente los datos fueron falseados o hubo algún tipo de anomalía.

El propósito del presente trabajo fue, conocer si los datos epidemiológicos del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, sobre los casos confirmados de la COVID-19 por provincia de atención, se ajustan a la LNB, indicando que lo más acertado es que los datos no han sido manipulados o falsificados.

Materiales y métodos

El presente estudio es de tipo descriptivo, aplicando el método deductivo. Se utilizaron los datos de los documentos de los Boletines epidemiológicos coronavirus por semana (link: <https://www.salud.gob.ec/boletines-epidemiologicos-coronavirus-por-semanas/>) del MSP del Ecuador, únicamente considerando los datos con la denominación de confirmados de la tabla perteneciente a los casos identificados por provincia de atención de la COVID-19 de Ecuador, es decir se consideraron las 24 provincias del País. Se utilizó desde el Boletín 002 con fecha 15 de marzo de 2020 hasta el Boletín 196 con fecha

27 de septiembre de 2020, con un total de 1157 datos¹¹. Es necesario precisar que, en total había 57 documentos de los boletines epidemiológicos, de los cuales, el documento del Boletín 23 no está disponible, los Boletines 28 y 30 no corresponde a esa numeración ya que en ambos casos son el documento del boletín 53 y el documento del boletín 37 se repite dos veces, por ello los datos utilizados para el presente trabajo se obtuvieron de los 53 documentos correctos¹¹.

La numeración de los Boletines va desde el 002 hasta el 196, pero la numeración no es secuencial, está incompleta, ver Tabla 2,3, 4 y 5.

Tabla 2. Boletines epidemiológicos coronavirus por semana

N°	N° De boletines epidemiológicos	Boletines no disponibles
1	Covid-19, coronavirus 002	
2	Covid-19, coronavirus 03	
3	Covid-19, coronavirus 04	
4	Covid-19, coronavirus 08	
5	Covid-19, coronavirus 09	
6	Covid-19, coronavirus 12	
7	Covid-19, coronavirus 13	
8	Covid-19, coronavirus 15	
9	Covid-19, coronavirus 17	
10	Covid-19, coronavirus 19	
11	Covid-19, coronavirus 20	
12	Covid-19, coronavirus 21	
13	Covid-19, coronavirus 23	X
14	Covid-19, coronavirus 25	
15	Covid-19, coronavirus 26	

Tabla 3. Boletines epidemiológicos coronavirus por semana (continuación)

N°	N° De boletines epidemiológicos	Boletines con error de numeración y repetidos	Boletines repetidos
16	Covid-19, coronavirus 27		
17	Covid-19, coronavirus 28	No es el Boletín 28, sino el 53	
18	Covid-19, coronavirus 29		
19	Covid-19, coronavirus 30	No es el Boletín 30, sino el 53	
20	Covid-19, coronavirus 31		
21	Covid-19, coronavirus 34		
22	Covid-19, coronavirus 36		
23	Covid-19, coronavirus 37		X
24	Covid-19, coronavirus 38		
25	Covid-19, coronavirus 37		X
26	Covid-19, coronavirus 40		
27	Covid-19, coronavirus 41		
28	Covid-19, coronavirus 43		
29	Covid-19, coronavirus 44		
30	Covid-19, coronavirus 45		

Tabla 4. Boletines epidemiológicos coronavirus por semana (continuación)

N°	N° De boletines epidemiológicos
31	Covid-19, coronavirus 46
32	Covid-19, coronavirus 48
33	Covid-19, coronavirus 53
34	Covid-19, coronavirus 62
35	Covid-19, coronavirus 64
36	Covid-19, coronavirus 128
37	Covid-19, coronavirus 129
38	Covid-19, coronavirus 130
39	Covid-19, coronavirus 131
40	Covid-19, coronavirus 132
41	Covid-19, coronavirus 133
42	Covid-19, coronavirus 134
43	Covid-19, coronavirus 135
44	Covid-19, coronavirus 136
45	Covid-19, coronavirus 138

Tabla 5. Boletines epidemiológicos coronavirus por semana (continuación)

N°	N° De boletines epidemiológicos
46	Covid-19, coronavirus 139
47	Covid-19, coronavirus 140
48	Covid-19, coronavirus 141
49	Covid-19, coronavirus 142
50	Covid-19, coronavirus 143
51	Covid-19, coronavirus 156
52	Covid-19, coronavirus 163
53	Covid-19, coronavirus 169
54	Covid-19, coronavirus 175
55	Covid-19, coronavirus 182
56	Covid-19, coronavirus 189
57	Covid-19, coronavirus 196

Aplicación de la LNB

Se realizó una base de datos en EXCEL con los 1157 datos de los casos confirmados. Para poder aplicar la LNB (no se consideró los datos de número 0). Los datos se clasificaron de acuerdo a la propia denominación del MSP como casos confirmados. Para el porcentaje de las frecuencias encontradas se multiplica cada frecuencia (1:9) por 100% y se divide para el número total de datos, es decir, 1157:

(1) $f\% = \frac{fx100\%}{N}$; donde $f\%$ es el porcentaje de frecuencia, f es la frecuencia de los datos y N es el número total de datos.

Aplicación de Chi-cuadrado de bondad de ajuste

Para analizar si los datos de los casos confirmados por provincia de atención de la COVID-19 de Ecuador se ajustan o no a la distribución de la LNB se aplicó en el estadístico Minitab 19 la prueba de Chi-cuadrado de bondad de ajuste^{20,34}, con una significancia del 0,05%, que permite rechazar o aceptar la hipótesis nula del estudio:

(1) H_0 = Los datos de los casos confirmados identificados por provincia de atención de la COVID-19 de Ecuador se ajustan a la distribución de la Ley de Newcomb-Benford.

Para la representación de los resultados se utilizó tablas y figuras, tanto las realizadas en el programa EXCEL y en el estadístico Minitab 19.

Resultados

Aplicación de la LNB

Con los 1157 datos se obtuvo las respectivas frecuencias y porcentajes (Tabla 6) y la represen-

tación de los porcentajes de los casos confirmados, identificados por provincia de atención de la COVID-19 de Ecuador vs porcentajes de la LNB (Figura 2).

Tabla 6. Frecuencias y porcentajes para el primer dígito más significativo de los casos “confirmados” de COVID-19 de Ecuador, comparados con la Ley de Newcomb-Benford

Dígitos	Frecuencias absolutas	Casos confirmados por provincia de atención de la COVID-19 en Ecuador %	LNB%
1	384	33,18928263	30,1
2	206	17,80466724	17,6
3	123	10,63094209	12,5
4	80	6,914433881	9,7
5	87	7,519446845	7,9
6	61	5,272255834	6,7
7	61	5,272255834	5,8
8	67	5,790838375	5,1
9	88	7,605877269	4,6

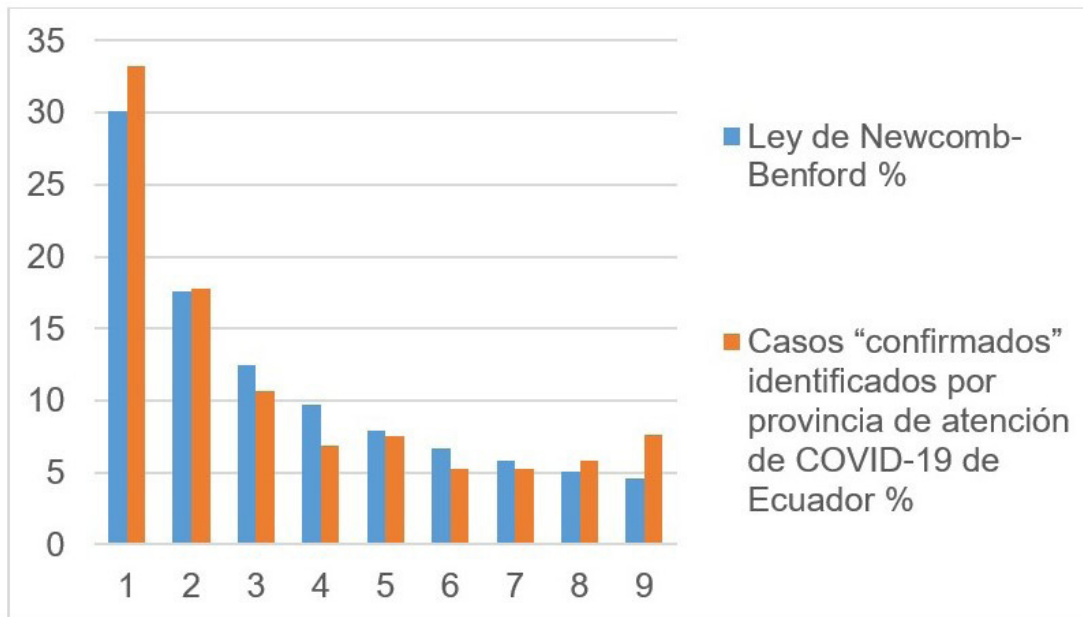


Figura 2. Gráfico de barras de los casos “confirmados” de COVID-19 de Ecuador, comparados con la Ley de Newcomb-Benford

Aplicación de Chi-cuadrado de bondad de ajuste

Aplicando la prueba de Chi-cuadrado de bondad de ajuste se obtuvo la matriz de los conteos ob-

servados y esperados (Tabla 7), con grados de libertad 8 y con un $\alpha = 0,05$ (significancia del 5%), se obtuvo un valor Chi-cuadrado de 3,82722 y un valor p de 0,872 (Tabla 8).

Tabla 7. Conteos observados y esperados

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a chi-cuadrada
1	33,1893	0,301	30,1	0,31707
2	17,8047	0,176	17,6	0,00238
3	10,6309	0,125	12,5	0,27947
4	6,9144	0,097	9,7	0,79994
5	7,5194	0,079	7,9	0,01833
6	5,2723	0,067	6,7	0,30425
7	5,2723	0,058	5,8	0,04802
8	5,7908	0,051	5,1	0,09358
9	7,6059	0,046	4,6	1,96420

Tabla 8. Prueba de chi-cuadrada

N	GL	Chi-cuad.	Valor p
100	8	3,82722	0,872

Discusión

Con el cálculo de los porcentajes de las frecuencias de los casos confirmados con respecto a los porcentajes de las frecuencias de la LNB en la figura 2 se nota una similaridad importante, indicando que los datos en dichos casos identificados por provincia de atención de la COVID-19 de Ecuador siguen el patrón logarítmico de la LNB. Entonces se corrobora lo mencionado por Zhang, Koch & Okamura y Lee y colaboradores³¹⁻³³, que los datos epidemiológicos, al ser datos logarítmicos, cumplen con la LNB. Como bien se conoce la principal aplicabilidad de esta ley, es analizar fraudes en general, claro, solo con los datos que cumplan con la LNB. El mecanismo básico para analizar si los datos pueden o no ser fraudulentos, es observar si los datos se ajustan o no a la LNB¹⁵, por ello como los datos de los casos confirmados identificados por provincia de atención de COVID-19 de Ecuador si se ajustaron a esta ley, lo más probable es que los datos no sean falsos, la falta de certeza recae, en que, si los datos fuesen manipulados siguiendo un patrón logarítmico, posiblemente si cumplieran con la LNB, algo muy complicado de desarrollarse, pero de hacerlo provocaría mayor problemática de análisis³³, así mismo se debe considerar que la LNB si detectó una posible manipulación o anomalía en los casos de

la COVID-19 en Japón, ya que los datos no se ajustaban a la LNB³³.

Una reflexión del estudio, es que, con un total de 1157 datos, éstos si se ajustaron a la distribución de la Ley, es decir, que no necesariamente se necesita alrededor de 10000 datos¹⁴, para que sea aplicable la Ley. Lo que se puede mencionar es que posiblemente mientras más datos sean analizados, los resultados se ajustaran con mayor precisión a la LNB. Además, la aplicabilidad de la LNB en la detección de anomalías, no necesariamente intencionales o de falsificación de datos epidemiológicos podría proporcionar información sobre cómo se comportan estos, inclusive complementar en estudios de modelización predictiva en epidemiología³³ y de control sanitario.

Conclusión

Con los resultados obtenidos de la aplicación de la LNB y la aplicación de la prueba de Chi – cuadrado de bondad de ajuste, se aceptó la hipótesis nula y se evidenció que los casos confirmados identificados por provincia de atención de la COVID-19 de Ecuador si se ajustan a la distribución de la LNB. La aplicabilidad de esta ley es complementaria para analizar fraudes o anomalías de los datos epidemiológicos, considerando principalmente el sesgo al tomar los datos y como se los procesa estadísticamente.

Conflicto de interés

No existe ningún conflicto de interés, por parte del autor.

Financiamiento

No se tuvo financiamiento de ninguna entidad para la realización de este estudio.

Agradecimiento

Al Ministerio de Salud Pública por dar a conocer libremente los datos epidemiológicos de COVID-19

Disponibilidad de datos

Los datos están disponibles para los investigadores en las páginas citadas del Ministerio de Salud Pública y pueden escribir al autor para mayor información.

Referencias

1. Wu Z, McGoogan JM. Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: Summary of a report of 72314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA* [serial on Internet]. 2020 Feb [cited 2020 Sep 7]; 323(13): [1239-1242]. doi: <https://doi.org/10.1001/jama.2020.2648>. Available from; <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2762130>.
2. Rabaan Ali, Al-Ahmed Shamsah, Haque Shafiul, Sah Ranjit, Tiwari Ruchi, Yashpal Singh, et al. SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV: a comparative overview. *Infez. Med* [serial on Internet]. 2020 Jan [cited 2020 Sep 22]; 28(2):174-84. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32275259/#:~:text=Since%20the%20SARS%2DCoV%2D2,CoV%2C%20they%20share%20several%20similarities.&text=The%20presence%20of%20a%20furin,compared%20to%20other%20beta%20coronaviruses>.
3. Chen, Yu, Liu Qianyun y Guo Deyin. Emerging coronaviruses: Genome structure, replication, and pathogenesis. *J. Med. Virol.* [serial on Internet]. 2020 Apr [cited 2020 Sep 8]; 4(92):418-423. doi: 10.1002/jmv.25681. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31967327/>.
4. Dae-Gyun, Ahn Shin, Hye-Jin Kim, Mi-Hwa Sunhee, Lee Kim, Hae-Soo Myoung et al. Current Status of Epidemiology, Diagnosis, Therapeutics, and Vaccines for Novel Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *J. Microbiol. Biotechnol.* [serial on Internet]. 2020 Mar [cited 2020 Sep 8]; 3(30):313-24. doi: 10.4014/jmb.2003.03011. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32238757/>.
5. Guo Yan-Rong, Qing-Dong Cao, Zhong-Si Hong, Yuan-Yang Tan Chen, Shou-Deng Jin, Hong-Jun Tan et al. The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID 19) outbreak – an update on the status. *Mil. Med. Res.* [serial on Internet]. 2020 Mar [cited 2020 Sep 12]; 7(1):11. doi: 10.1186/s40779-020-00240-0. Available from: <https://mmrjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40779-020-00240-0>.
6. Hussin A. Rothan. y N. Byrareddy Siddappa. The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. *J. Autoimmun.* [serial on Internet]. 2020 May [cited 2020 Sep 11]; 109:1024-33. doi: 10.1016/j.jaut.2020.102433. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896841120300469>.
7. Kannan S, P. Shaik, Syed-Ali Sheeza A y Hemalatha K. COVID-19 (Novel Coronavirus 2019) – recent trends. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* [serial on Internet]. 2020 Feb [cited 2020 Sep 11]; 4(24):2006-2011. doi: 10.26355/eurrev_202002_20378. Available from: <https://www.europeanreview.org/article/20378>.
8. Pan A, Liu Li, Wang Chaolong, Guo Huan, Hao Xingjie, Wang Qi, et al. Association of Public Health Interventions With the Epidemiology of the COVID-19 Outbreak in Wuhan, China. *JAMA*. [serial on Internet]. 2020 May [cited 2020 Sep 12]; 323(19):1915-1923. doi: 10.1001/jama.2020.6130. Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2764658>
9. Rothe Camila, Schunk Mirjam, Sothmann Peter, Bretzel Gisela, Guenter Froeschl, Wallrauch Claudia et al. Transmission of 2019-nCoV Infection from an Asymptomatic Contact in Germany. *N Engl J Med.* [serial on Internet]. 2020 Mar [cited 2020 Sep 12]; 382(10):970-971. doi: 10.1056/NEJMc2001468. Available from: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc2001468>.
10. Ministerio de Salud Pública (MSP) del Ecuador [Internet]. Actualización de casos de coronavirus en Ecuador. 2020a [citado 2020 Oct 17]. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/actualizacion-de-casos-de-coronavirus-en-ecuador/>.
11. Ministerio de Salud Pública (MSP) del Ecuador [Internet]. 2020b. Boletines epidemiológicos coronavirus por semanas. 2020b [citado 2020 Sep 27]. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/>

- boletines-epidemiologicos-coronavirus-por-semanas/.
12. Newcomb Simon. Note on the frequency of use of the different digits in natural numbers. *American Journal of Mathematics*. [serial on Internet]. 1881; [cited 2020 Sep 3] 1(4):34-40. Available from: <http://www.uvm.edu/pdodds/files/papers/others/1881/newcomb1881a.pdf>.
 13. Benford F. The law of anomalous numbers. *Proceedings of the American Philosophical Society*. JSTOR. [serial on Internet]. 1938 Mar [cited 2020 Sep 2]; 78(4):551-572. Available from: <https://www.jstor.org/stable/984802?seq=1>.
 14. Morales L, Zuñiga M. Sistema utilizando la Ley de Benford para detectar posibles fraudes electorales en las elecciones convocadas en Ecuador [Tesis de grado]. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería de Sistemas; 2010. [citado 2020 Sep 14]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2547/1/CD-3241.pdf>.
 15. Cabeza-García, PM. Aplicación de la ley de Benford en la detección de fraudes. *Universidad y Sociedad*. [seriado en Internet]. 2019 Sep [citado 2020 Sep 12]; 11(5):421-427. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000500421
 16. Gauvrit-Gauvrit N, Houillon JC, Delahaye J. Generalized Benford's Law as a Lie Detector. *Adv. Cogn. Psychol.* [serial on Internet]. 2017 Jun [cited 2020 Sep 10]; 2(13):121-127. doi: 10.5709/acp-0212-x. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5504535/>.
 17. Gauvrit-Gauvrit N, Delahaye JP. Pourquoi la loi de Benford n'est pas mystérieuse (Why Benford's law is not mysterious). *Mathematics and Social Sciences*. [serial on Internet]. 2008 Jun [cited 2020 Sep 11]; 46(182):7-15. doi: 10.4000/msh.10363. Available from: https://www.researchgate.net/publication/30449338_Pourquoi_la_loi_de_Benford_n'est_pas_mysterieuse.
 18. Hill TP. A Statistical Derivation of the Significant-Digit Law. *Statist. Sci.* [serial on Internet]. 1995 Nov [cited 2020 Sep 11]; 4(10):354-363. doi: 10.1214/ss/1177009869. Available from: <https://projecteuclid.org/euclid.ss/1177009869>
 19. Nigrini M. *Benford's Law: Applications for Forensic Accounting, Auditing, and Fraud Detections*. 1st ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2012.
 20. Vega-Flores C. La Ley de Benford y su Aplicación en la Detección de Fraudes Financieros. *Revista Varianza*. [seriado en Internet]. 2012 Nov [citado 2020 Sep 12]; 9:5-7. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S9876-67892012000100003&lng=es&nrm=iso
 21. Martínez R, Canisales C. *Ley de Benford y sus aplicaciones*. [Tesis de grado]. San Salvador: Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Naturales y Matemática Escuela de Matemática; 2009. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/12497/1/19200765.pdf>.
 22. Hill TP. Random-number guessing and the first digit phenomenon. *Psychol Rep.* [serial on Internet]. 1988 Jun [cited 2020 Sep 11]; 3(62):967-971. doi: <https://doi.org/10.2466/pr0.1988.62.3.967>. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/10.2466/pr0.1988.62.3.967>.
 23. Castañeda G. La ley de Benford y su aplicabilidad en el análisis forense de resultados electorales. *Polít. Gob.* [seriado en Internet]. 2011 Ene [citado 2020 Sep 12]; 2(18):297-329. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-20372011000200004&lng=es&nrm=iso.
 24. Campos LA, Salvo E, Flores-Moya A. Natural taxonomic categories of angiosperms obey Benford's law, but artificial ones do not. *Systematics and Biodiversity*. [serial on Internet]. 2016 May [cited 2020 Sep 12]; 5(14):431-440. doi: 10.1080/14772000.2016.1181683. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14772000.2016.1181683>
 25. Cerri J. A fish rots from the head down: how to use the leading 2 digits of ecological data to detect their falsification. *bioRxiv*. [serial on Internet]. 2018 Jul [cited 2020 Sep 8]; 368951 doi: <https://doi.org/10.1101/368951>. Available from: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/368951v1?rss=1>
 26. Costas E, López-Rodas V, Toro FJ, Flores-Moya A. The number of cells in colonies of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* satisfies Benford's law. *Aquatic Botany*. [serial on Internet]. 2008 Oct [cited 2020 Sep 8]; 89(3):341-343. doi: 10.1016/j.aquabot.2008.03.011. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304377008000533>
 27. Docampo Silvia, Trigo María del Mar, Aira María Jesus, Cabezudo Baltasar y Flores-Moya Antonio. Benford's law applied to aerobiological data and its potential as a quality control tool. *Aerobiologia*. [serial on Internet]. 2009 Dec [cited 2020 Sep 9]; 25: [275-283]. doi: 10.1007/s10453-009-9132-8. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10453-009-9132-8>.

28. Pain Jean-Christophe. Benford's law and complex atomic spectra. *Physical Review E*. [serial on Internet]. 2008 Jan [cited 2020 Sep 7]; 77(1): [1-8]. doi: 10.1103/physreve.77.012102. Available from: <https://arxiv.org/abs/0801.0946>.
29. Diekmann Andreas. Not the First Digit! Using Benford's Law to Detect Fraudulent Scientific Data. *Journal of Applied Statistics*. [serial on Internet]. 2007 May [cited 2020 Sep 9]; 3(34): [321-329]. doi: 10.1080/02664760601004940. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02664760601004940>
30. Khosravani A y Rasinariu C. EMERGENCE OF BENFORD'S LAW IN MUSIC. *Cornell University. Physics and Society ArXiv*. [serial on Internet]. 2018 Nov [cited 2020 Sep 12]; 2: [1-10]. doi: 10.18642/JMSAA_7100122017. Available from: <https://arxiv.org/abs/1805.06506>
31. Zhang Junyi. Testing Case Number of Coronavirus Disease 2019 in China with Newcomb-Benford Law. *arXiv: physics.soc.ph*. [serial on Internet]. 2020 Feb [cited 2020 Sep 13]; [1-7]. Available from: <https://arxiv.org/abs/2002.05695>
32. Koch Christoffer y Okamura Ken. Benford's Law and COVID-19 Reporting. *Eco Lett*. [serial on Internet]. 2020 Nov [cited 2020 Sep 12]; 109573(196): [1-4]. doi: 10.1016/j.econlet.2020.109573. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165176520303475>.
33. Lee Kang-Bok, Sumin Han, Yeasung Jeong. COVID-19, flattening the curve, and Benford's law. *Physica A*. [serial on Internet]. 2020 Dec [cited 2020 Sep 12]; 125090(559): [1-12]. doi: 10.1016/j.physa.2020.125090. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32834438/>.
34. Nigrini M. J. *The Detection of Income Tax Evasion Through an Analysis of Digital Frequencies*. [doctoral thesis]. Cincinnati, OH: University of Cincinnati. 1992.