

Comportamiento estocástico de la COVID-19 en la República Bolivariana de Venezuela. ¿Persistencia o antipersistencia en los contagios?

Carlos Zavarce Castillo

Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología (Oncti)

orcid: 0000-0001-9616-1308

ucvpca@yahoo.com

Venezuela

Fredy Zavarce Castillo

Banco Central de Venezuela

orcid: 0000-0001-7525-285X

zavafree@gmail.com

Venezuela

Fecha de recepción: 18-06-2020 - Fecha de aceptación: 28-06-2020

Resumen

La novedosa pandemia por coronavirus, etiquetada por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) como la covid-19, se reportó por primera vez en Wuhan, China, el 31 de diciembre de 2019 y a la fecha, según estimaciones de la misma OMS (2020), en la medida en que se ha extendido a nivel planetario, ha infectado a más de 9,2 millones de personas, de las cuales se reportan más de 500.000 fallecidos y 5.2 millones de pacientes recuperados. En este estudio, aplicaremos el exponente de Hurst (1951) asociado con la estadística fractal para simular la propagación de la covid-19, considerando series temporales de fluctuaciones de nuevos casos diarios de la enfermedad, disponibles a través de un sitio web de referencia de la

República Bolivariana de Venezuela, como lo es el Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (ONCTI). Se parte de la hipótesis de que la propagación de la covid-19, puede analizarse en función de las fluctuaciones del crecimiento de nuevos casos diarios de contagio. Para ello, se empleó un método de rango reescalado R/S que permitió calcular el Exponente de Hurst, parámetro estocástico cuyo valor permitió inferir sobre la presencia de correlaciones de largo alcance en la transmisión del virus entre la población. Estudiaremos los efectos de correlación en la propagación de COVID-19 en Venezuela mediante el análisis de las series temporales de nuevos casos después del decreto de Alerta dictado por el Ejecutivo Nacional que convocó a la ciudadanía a “quedarse en casa” mediante una cuarentena social

obligatoria. Simularemos el comportamiento a mediano plazo (180 días) considerando las fluctuaciones de los nuevos casos de contagio diarios sobre la base de dos factores: los casos de contagio importados y los contagios comunitarios. En consecuencia, inicialmente examinaremos el origen de correlaciones con grandes fluctuaciones, y posteriormente analizaremos en base a las series de tiempo de nuevos casos diarios de la covid-19 en Venezuela, para luego establecer las correlaciones de largo alcance e inferir sobre la posible la persistencia o antipersistencia de la misma.

Palabras clave: Covid-19; simulación; análisis de rango rescalado; persistencia; exponente de Hurst; estadística fractal

Stochastic behavior of covid-19 in the Bolivarian Republic of Venezuela: persistence or anti-persistence in infections?

Abstract

The novel coronavirus pandemic, labeled by the World Health Organization (WHO) as Covid-19, was first reported in Wuhan, China, on December 31, 2019. To date, according to the WHO's estimates, it has infected more than 9.2 million people, of whom more than 500,000 are reported dead, and 5.2 million patients have recovered. To deepen in its study, we apply the Hurst exponent, associated with fractal statistics to simulate the spread of Covid-19, considering time series of fluctuations of new daily cases, which are available in a site reference website

of the Bolivarian Republic of Venezuela, such as the National Observatory for Science, Technology, and Innovation (ONCTI). This work starts from the hypothesis that the spread of Covid-19 can be analyzed based on the fluctuations in the increase of new daily cases. For this, an R / S rescaled range method was used that allowed calculating the Hurst Exponent, a stochastic parameter whose value allowed inferring the presence of long-range correlations in the virus transmission among the population. We will study the correlation effects in the spread of COVID-19 in Venezuela by analyzing the time series of new cases after the

alert decree issued by the Executive branch, which called on citizens to "stay at home" through a mandatory social quarantine. Consequently, initially, we will examine the origin of correlations with large fluctuations, followed by an analysis based on the time series of new daily cases of Covid-19 in Venezuela, in order to establish the long-range correlations and infer about the possible persistence or anti persistence of it.

Key words: Covid-19; simulation; rescaled range analysis; persistence analysis; Hurst exponent; fractal statistics.

Introducción

El tema del tránsito de la coyuntura actual a un período pospandémico a causa de la covid-19, parece ser hoy el centro del debate sobre la sociedad futura. Numerosos artículos y libros recientemente publicados, así como centenares de foros soportados en el uso intensivo y extensivo de plataformas tecnológicas para la interacción a distancia, síncrona y asíncrona, evidencian el interés, la pertinencia, la necesidad y acaso la novedad de su estudio. Pero al mismo tiempo, al menos en el campo de las Ciencias Sociales, se nota cierto vacío en el uso de las herramientas teóricas que están a nuestro alcance para el abordaje de esta problemática.

En un intento por asir el concepto de pospandemia, los documentos de la Organización Mundial de la Salud (OMS,2020) sobre el tema, que intentan una definición de pospandemia, indican:

(...) la postpandemia es una fase posterior a la propagación mundial de una nueva enfermedad, en la cual se prevé que en el periodo postpandémico sigan registrándose casos y brotes por virus pandémico. Además, es muy probable que durante algún tiempo los grupos etarios identificados, sigan viéndose afectados de forma desproporcionada por casos graves de infección por el virus pandémico. Es imposible prever si se seguirá corriendo un riesgo elevado durante mucho tiempo o

si esta situación cambiará. Ante este panorama, es importante que la población siga tomando medidas prudenciales para protegerse que reduzcan el riesgo de infección por virus pandémico (s/p).

De allí que, ante la decisión de varios países a nivel global de minimizar las medidas de confinamiento, las cuales entrañan el riesgo de una vuelta al confinamiento, cuya medida sigue siendo muy real si los países no gestionan la transición con sumo cuidado y de forma escalonada, el director de la OMS, Dr. Tedros Adhanom, en videoconferencia desde la sede de la entidad (2020), indicara que “Es vital que puedan controlarse los riesgos de importación de casos; y que las comunidades estén plenamente informadas, implicadas y empoderadas para adaptarse a la ‘nueva normalidad’”(s/p).

Con lo cual se evidencia la complejidad a la que se enfrentan los diseñadores de políticas públicas al intentar dibujar el futuro de la pospandemia de la covid-19, actividad esta de carácter estratégico nacional, que supone un ejercicio de altísimo nivel no solo intelectual sino de responsabilidad socialista, no para tratar de adivinar o predecir el futuro, sino de buscar alternativas y prepararnos para ellas.

En esta dirección, habría que preguntarse, ¿Qué pasa si se mantiene el ritmo y trayectoria de la curva de contagios registrada hasta hoy en el territorio nacional?,

¿qué tan persistente puede ser dicha trayectoria para los próximos 60, 90 y 180 días?, ¿qué la puede hacer diferente?

Aquí las explicaciones y teorizaciones se tornan interesantes, por cuanto se sitúan en polos opuestos en cuanto a la posibilidades y rigurosidad de la búsqueda de respuestas. Por un lado, investigadores sociales disertan desde el anclaje de las escuelas socio críticas y hermenéuticas acerca del futuro de la pospandemia; en el otro extremo emergen voces de investigadores, que inspirados en la escuela empírico-analítica consiguen atractiva la situación para el abordaje del fenómeno pospandémico desde una perspectiva donde se puedan confrontar sistemáticamente casos reales entre sí, en la dirección de detectar semejanzas y diferencias entre tipos de contagio y desentrañar el porqué de aquellos y estos.

Evidenciándose que cualquier intento pro describir y explicar la realidad se hace, quiérase o no, a partir de un determinado enfoque teórico. No obstante, por su propia naturaleza, todo enfoque actúa como un poderoso reflector, que hace ver ciertos aspectos de la realidad mientras deja otros en la penumbra, o aun en total oscuridad. Con lo cual es importante, entonces, saber qué deja ver y qué omite cada enfoque.

De allí que, en este estudio, por enfoque se entiende una perspectiva para analizar algo, y en consecuencia, desde el enfoque teórico de la

fractalidad¹, se intentará modelar y simular los contagios de la covid-19 en el tránsito de la coyuntura hacia un período pospandémico en la República Bolivariana de Venezuela, empleando el exponente de Hurst (1951)². Más en concreto, el término enfoque señala la forma de abordaje a una problemática que intriga al estudiioso; la cual entraña unos conceptos que se privilegian; un conjunto de presuposiciones generalmente implícitas a partir de las cuales se inicia la argumentación, y unas reglas de inferencia para llegar a conclusiones aceptables dentro del enfoque.

Así pues, al abordar el fenómeno de la pandemia de la covid-19 como un fenómeno social, esta se mira a partir de unas preguntas y no de otras, con determinados conceptos y no con cualesquiera, asumiendo como

punto de partida del análisis unas presuposiciones selectas en lugar de otras y aceptando ciertas reglas para llegar a conclusiones valederas. De manera que, el proceso que los autores han decidido seguir en este artículo mantiene la orientación de la escuela empírico-analítica.

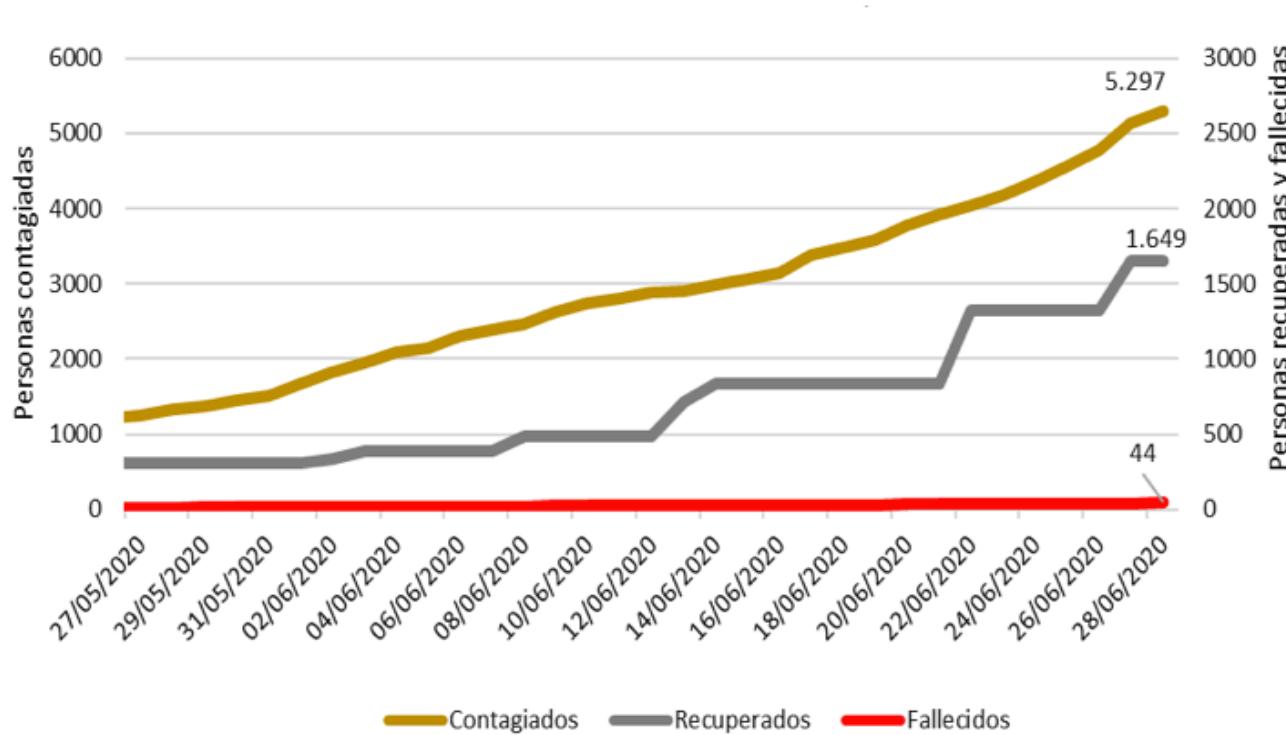
En el caso venezolano, consideramos la serie temporal del crecimiento de casos de contagio diarios de la covid-19, tal como se representa en la Figura 1, donde a la fecha de terminar de escribir este artículo, se reporta un registro de la pandemia en Venezuela caracterizado por 5.297 contagiados, 3.601 de procedencia importada, 1.696 de carácter comunitario, que dejan un saldo lamentable de 1.694 pacientes recuperados y 44 muertos. El lector deberá tener en cuenta que los datos están cons-

tantemente cambiando, y utilizamos los datos tomados a finales de junio 2020.

Esto nos indica que estamos en presencia de un interesante caso que pudiéramos catalogar como híbrido, pues pasa de contagios importados a contagios por contactos con viajeros, a contagios comunitarios y luego pasa con otros detonantes más fuertes, a los que consideramos como producto de la condicionalidad política, como los contagios ocurridos en zonas fronterizas con la República de Colombia y la República Federativa de Brasil, considerados como casos importados. Repitiéndose posteriormente el ciclo aquí señalado.(Figura 1)

¹ La teoría de la fractalidad propuesta por Benoît Mandelbrot (1982) nos explica que un fractal es una figura que puede ser espacial o plana. Su principal característica es que su apariencia y la manera en que se distribuye estadísticamente no varía aun cuando se modifique la escala empleada en la observación.

² Harold Edwin Hurst (1880-1978) ideó un método estadístico que indica el nivel de persistencia de una serie temporal a partir de las observaciones de los caudales del río Nilo.

Figura 1. Comportamiento del Covid-19, Venezuela 2020

Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

En este contexto entendemos la condicionalidad política como la adopción de medidas políticas apadrinadas por determinados gobiernos en favor o en contra de la expansión de la covid-19 en varios países, lo cual provocó la rápida expansión de la misma y la declaración de pandemia global por parte de la OMS. La adopción de medidas políticas en la materia en ocasiones fue positiva, mientras que en otras ha sido negativa.

Finalmente, se asume que, con el empleo de referentes teóricos asocia-

dos a modelos de simulación estocásticos, es posible utilizar el registro de las series de tiempo, vale decir las series cronológicas de contagios reportados en el país durante lo que va del período de pandemia, y proceder a su análisis mediante el uso de métodos estadísticos para ajustar el exponente de Hurst y así explicar el eventual comportamiento en periodo de pospandemia y hacer pronósticos confiables.

Para ello en este artículo se ajustan los modelos autoregresivos integrados de media móvil a la serie estu- da,

da, complementada con métodos específicos de geometría fractal como soporte para la detección de la existencia de ciclos aleatorios en la serie.

En síntesis, en una primera fase se presenta el método empleado, que permite mostrar el análisis de series temporales de contagio en el país, para finalmente presentar el resultado de la realización de simulaciones que hagan posible la discusión.

Método

El exponente de Hurst (1951) tiene aplicaciones en el ámbito de las matemáticas aplicadas tales como la teoría del caos y la teoría fractal, entre otras. El mismo fue formulado para la resolución de un problema proveniente de la hidrología, en particular, Hurst estudió las crecidas del Río Nilo, toda vez que las crecidas del río significaban buenas cosechas. De allí que al observar el fenómeno del crecimiento y disminución del caudal del río Nilo, él registró que su comportamiento se caracterizaba por la existencia de períodos de grandes crecidas, que eran seguidos de años con altos niveles de agua, y períodos de sequía que eran seguidos de años con igual tendencia. Lo que le permitió establecer el llamado exponente de Hurst, donde (H) indica el nivel de persistencia de una serie dada: cuando $0 < H < 1/2$ se dice que la serie es antipersistent, y si $1/2 < H < 1$ es persistente, mientras que $H = 1/2$ indica que la serie es aleatoria.

Para el cálculo de H se emplea el método creado por el mismo Hurst (1951) llamado Método del Rango Reescalado, el cual satisface la siguiente ley de potencia:

$$R/S = (aN)^H$$

Donde:

R/S = Rango Reescalado

R = $\max(XtN) - \min(XtN)$ = Rango entre el valor máximo y el mínimo de los desvíos acumulados con respecto al promedio de cada partición.

S = Desviación estándar de las desviaciones.

a = Una constante.

N = Número de observaciones.

H = Exponente de Hurst.

Así también podremos conocer cuál es la intensidad de la dinámica: Si la estimación de Hurst tiene un valor cercano a 1 estaremos frente a una serie con un comportamiento fuertemente tendencial. Por el contrario, si Hurst es cercano a cero tendremos mucha probabilidad de encontrarnos frente a serie que tiende a revertir a la media.

Para la estimación de esta ecuación, solo basta linealizar aplicando logaritmos y proceder al ajuste vía mínimos cuadrados para obtener un proxy del coeficiente de Hurst (H), que corresponderá a la pendiente de recta estimada. El modelo a estimar es:

$$\ln(R/S) = \ln(a) + H \cdot \ln(N) + e$$

Donde e = los residuos del modelo.

De esta manera se reitera, a los fines de una mejor comprensión de la propuesta que aquí presentamos, que existen tres clasificaciones posibles para el exponente de Hurst:

Si $H=0,5$ entonces la serie es una búsqueda aleatoria en el que una observación tiene una correlación nula con cualquiera de los instantes anteriores o posteriores.

Sí $H < 0,5$ entonces la serie es antipersistent, es decir, que un período bajo tendrá mayores probabilidades de producir un período alto a continuación, y viceversa, es decir, existirá un porcentaje de probabilidad de que el segundo evento no sea igual al primero.

Si $H > 0,5$ la serie es persistente que refuerza la tendencia original, es decir, existirá mayor probabilidad de que si un período es alto el siguiente sea alto, y viceversa.

Procedimiento

Siguiendo a Davies y Harte (1987), en el caso del modelaje que nos ocupa, para obtener el exponente de Hurst debemos asumir que los contagios de la covid-19, en Venezuela son:

i. Una variable aleatoria independiente.

ii. Con igual varianza cada período de estudio. Esto es así dado que asumida independencia, todas las covarianzas correspondientes serán nulas, y además que los contagios de las personas son iguales.

iii. Usamos la serie de contagios de la covid-19, ubicada en los registros de Comisión Presidencial para el Control y la Prevención de la Covid-19.

La secuencia de actividades seguidas se describe a continuación:

Paso 1: Dividir la muestra total en submuestras de similar tamaño, se seleccionan cuatro muestras de tamaño 20. Para cada partición de tamaño $i = 1, 2, \dots, n$ se calcula la media y la desviación estándar.

Paso 2: Calcular las diferencias acu-

muladas de cada observación con respecto a la media del grupo respectivo. Seguidamente, se identifica la máxima y la mínima diferencia acumulada de cada grupo. La diferencia (resta) de estos valores extremos es llamada el rango de cada partición.

Paso 3: Dividir el rango por la desviación estándar para obtener el rango reescalado (R/S) de cada partición. El promedio de tales rangos

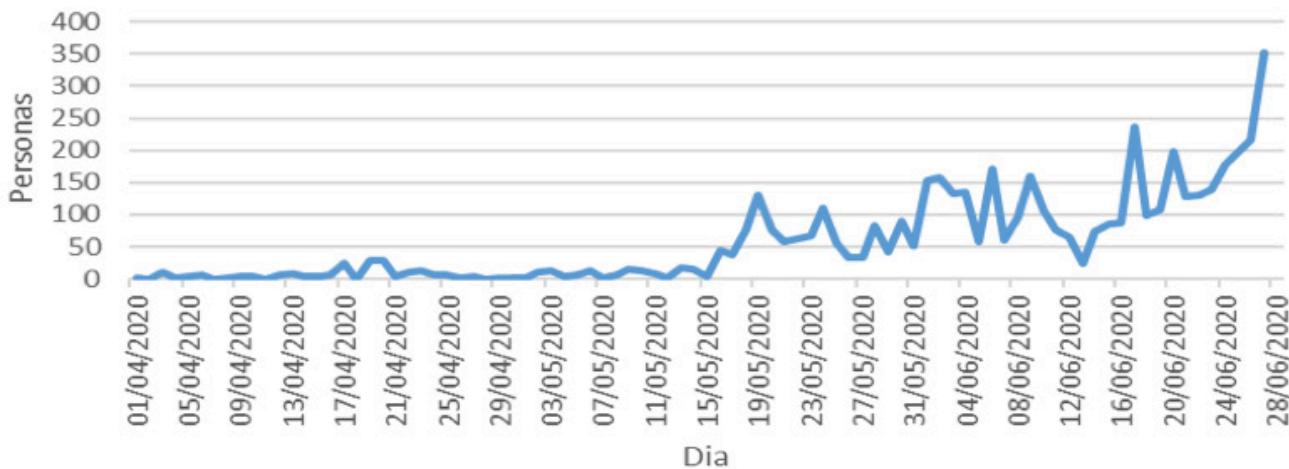
será el valor de (R/S) a usar, y que junto con el tamaño de las particiones (n), constituye un par de datos para la regresión.

Paso 4: Hacer que $i=2$ y se vuelve al Paso 2. Se repite este ciclo para las siguientes muestras, para obtener 4 pares de datos como los descritos en el paso 3.

Resultado

En la Figura 2 observamos el comportamiento de los contagios diarios en Venezuela por la covid-19:

Figura 2. Comportamiento de los contagios diarios en Venezuela por la covid-19, Venezuela 2020

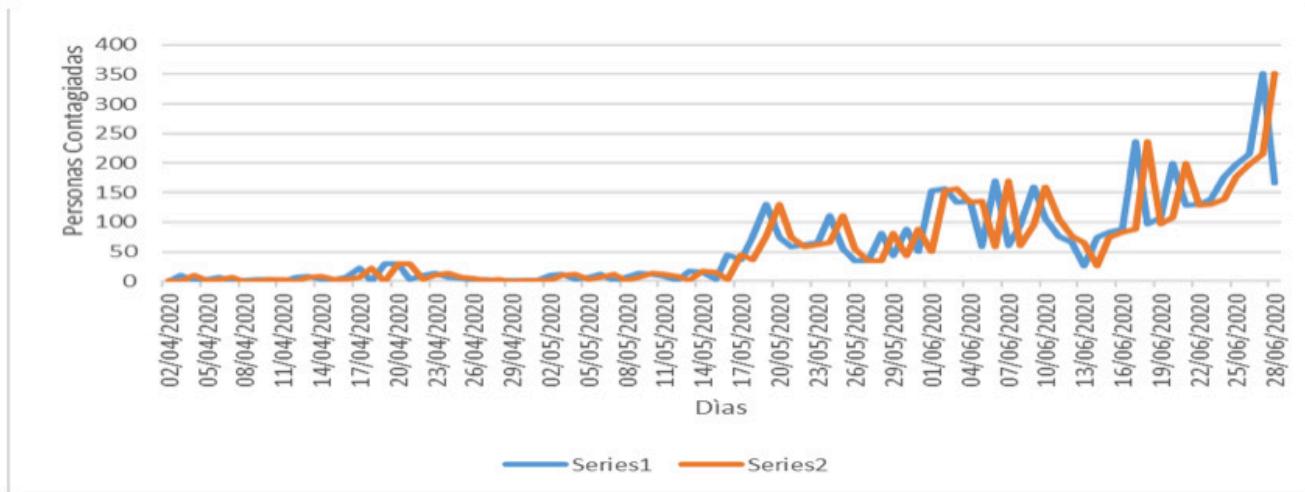


Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Mediante la técnica de desfasamiento se generaron los datos que permitieron graficar los valores de la

serie de los contagios de la covid-19 en Venezuela, en un plano. Al aumentarle una dimensión a la serie de

tiempo observamos en la Figura 3, el atractor y analizamos el agrupamiento de los puntos dentro de los límites.

Figura 3. Espacios de fases reconstruidos**Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)**

Los resultados del rango reescalado y sus respectivos logaritmos se ilustran en la Tabla 1:

Tabla 1

Día	Ln(N)	Ln(R/S)
20	2,99573227	1,754088890
40	3,68887945	1,833210116
60	4,09434456	1,906197602
80	4,38202663	3,097621910
100	4,60517019	3,170667411

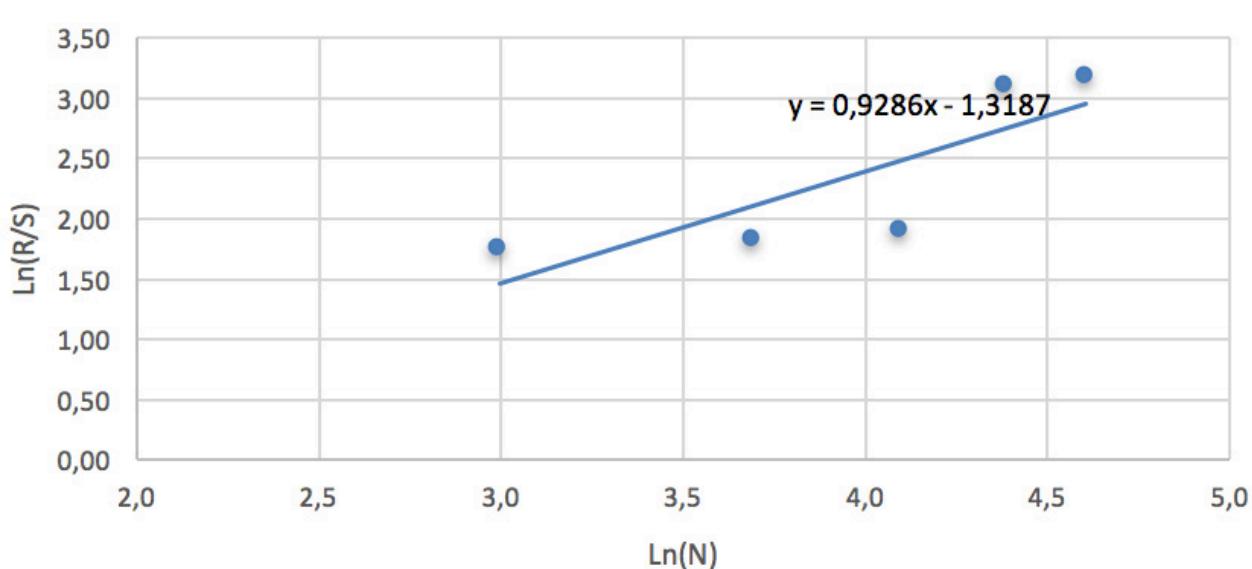
Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Luego de obtener las derivaciones graficamos los resultados, donde observaremos el diagrama de dispersión de los rangos reescalados, la recta de regresión ajustada y la

ecuación de la recta para obtener el cálculo del exponente de Hurst, los cuales se ilustran en la Figura 4. Allí el lector puede observar la línea recta de la ecuación, donde la pendiente

de la recta es el coeficiente de Hurst, y cuyo coeficiente nos indicará si la serie de datos es persistente o anti-persistente.

Figura 4. Contagios en Venezuela, COVID-19. Ecuación linealizada del rango reescalado
 $\text{LN}(\text{R/S}) = \text{LN}(a) + H^* \text{LN}(N) + e$



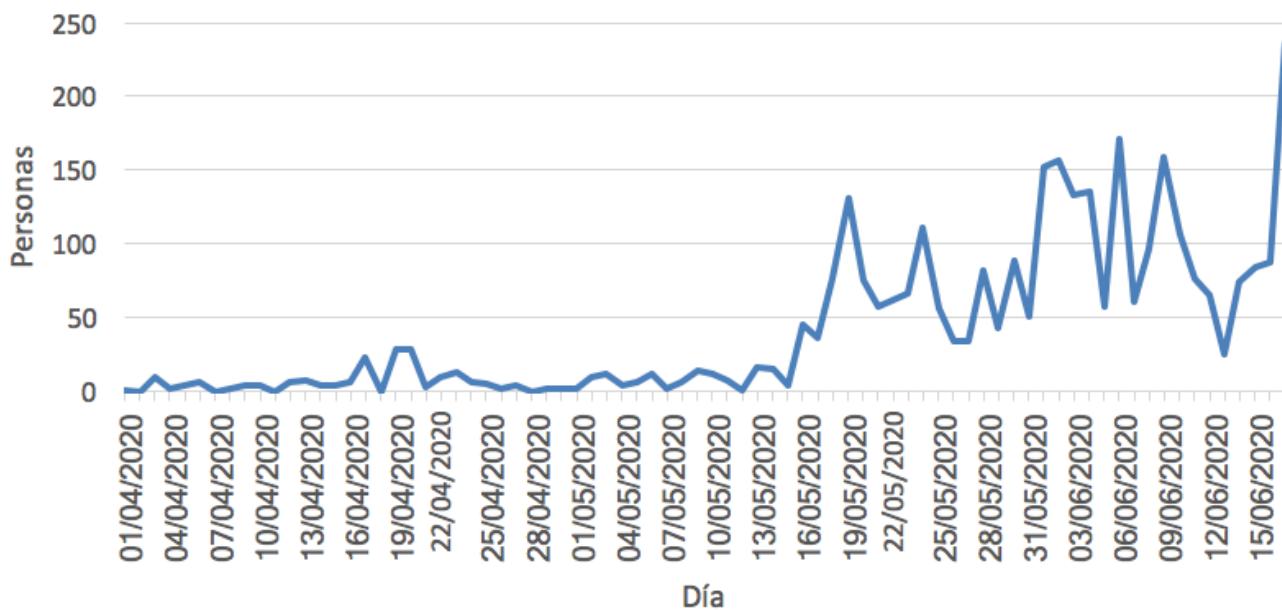
Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Como se observa, el Exponente de Hurst es $H=0,9286$ el cual nos indica que la serie de datos de contagios de la regresión ajustada y la ecuación de la recta es persistente, es decir, en Venezuela, para los próximos veinte días de la pandemia, la serie que refleje los contagios será persistente,

en otras palabras, hay una alta probabilidad de que, en períodos altos de contagios, el próximo período será de igual forma de altos contagios.

En la Figura 5 se presenta los resultados de los contagios en

Venezuela, donde después del 11 de junio de 2020, observamos cómo en los primeros días de la próxima partición ya hay una tendencia de aumento de casos de contagios de la covid-19 con respecto al periodo anterior, lo cual nos hace estimar que este período será de contagios altos.

Figura 5. Comportamiento de contagios de Covid-19, Venezuela 2020

Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

A continuación, el resultado de las simulaciones realizadas para los próximos cuarenta días, considerando la historia del rango reescalado, que tuvo valores entre 1 y 3, donde el valor uno (1) es el escenario optimista, el dos (2) el escenario intermedio y el tres (3), es

considerado el escenario pesimista.

Luego de realizadas las simulaciones, observamos los resultados del rango reescalado y sus respectivos logaritmos para un Escenario Optimista, los cuales se ilustran en la Tabla 2:

Escenario Optimista

Este escenario plantea que la dispersión relativa nos de valores aproximados a 1, los cuales pueden ser generados por buenas medidas tomadas a tiempo.

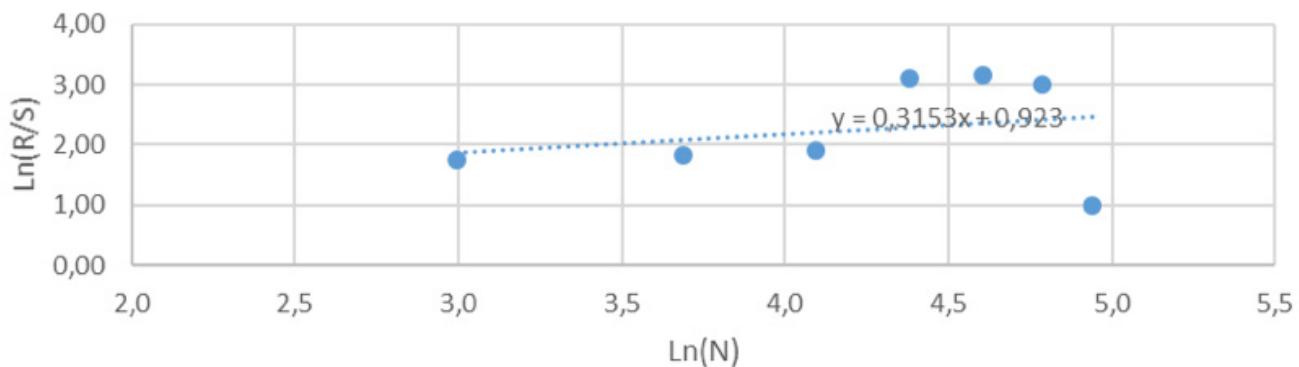
Tabla 2

Día	Ln(N)	Ln(R/S)
20	3,0	1,75
40	3,688879454	1,833210116
60	4,094344562	1,906197602
80	4,382026635	3,097621910
100	4,605170186	3,170667411
120	4,787491743	3
140	4,941642423	1

Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

La Figura 6 muestra que, si se obtiene un escenario optimista para la sexta partición, el coeficiente de Hurst refleja la cifra de 0,3153, lo que indica que la serie es antipersistente para los cuarenta días.

**Figura 6. Contagios en Venezuela, Covid-19. Ecuación linealizada del rango reescalado LN
(R/S)=LN(a)+H*LN(N)+e**



Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Seguidamente, se presentan los resultados del rango reescalado y sus respectivos logaritmos para un Escenario Intermedio, los cuales se ilustran en la Tabla 3:

Escenario Intermedio

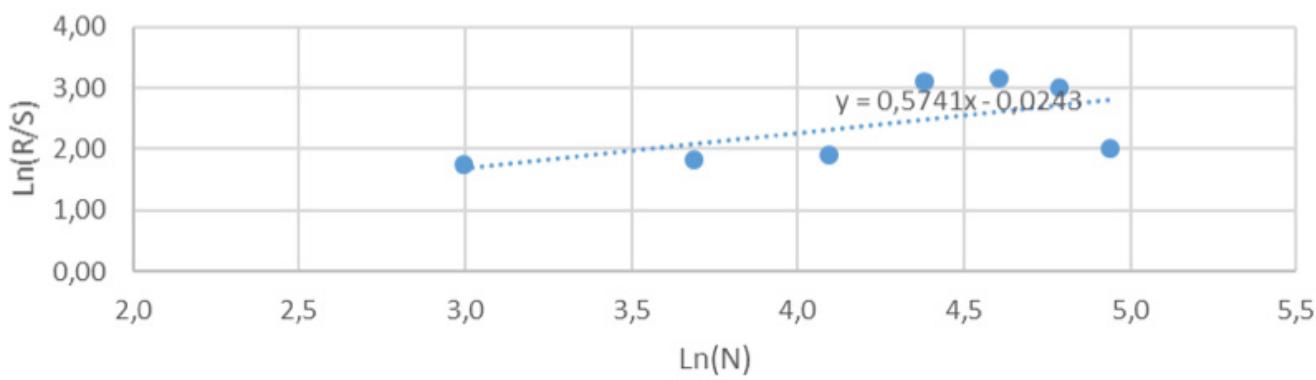
Tabla 3

Día	Ln(N)	Ln(R/S)
20	3,0	1,75
40	3,688879454	1,833210116
60	4,094344562	1,906197602
80	4,382026635	3,097621910
100	4,605170186	3,170667411
120	4,787491743	3
140	4,941642423	2

Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

La Figura 7, si se obtiene un escenario intermedio refleja que la serie será persistente con un valor para el coeficiente de Hurst de 0,5741.

Figura 7. Contagios en Venezuela, Covid-19. Ecuación linealizada del rango reescalado $\ln(R/S) = \ln(a) + H * \ln(N) + e$



Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Seguidamente, se presentan los resultados del rango reescalado y sus respectivos logaritmos para un Escenario Pesimista, los cuales se ilustran en la Tabla 4:

Escenario Pesimista

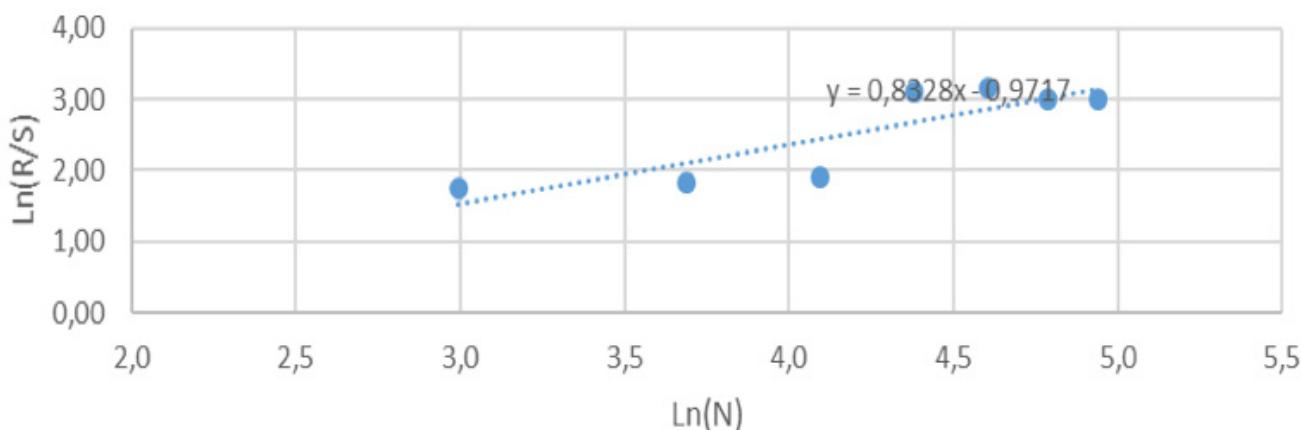
Tabla 4

Día	Ln(N)	Ln(R/S)
20	3,0	1,75
40	3,688879454	1,833210116
60	4,094344562	1,906197602
80	4,382026635	3,097621910
100	4,605170186	3,170667411
120	4,787491743	3
140	4,941642423	3

Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

La Figura 8 refleja la persistencia de la serie con un valor del Exponente de Hurst de 0,84328, lo cual refuerza la tendencia original, es decir, existirá mayor probabilidad de que si un período es bajo el siguiente sea bajo, y viceversa.

Figura 8. Contagios en Venezuela, Covid-19. Ecuación linealizada del rango reescalado $LN(R/S)=LN(a)+H*LN(N)+e$



Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

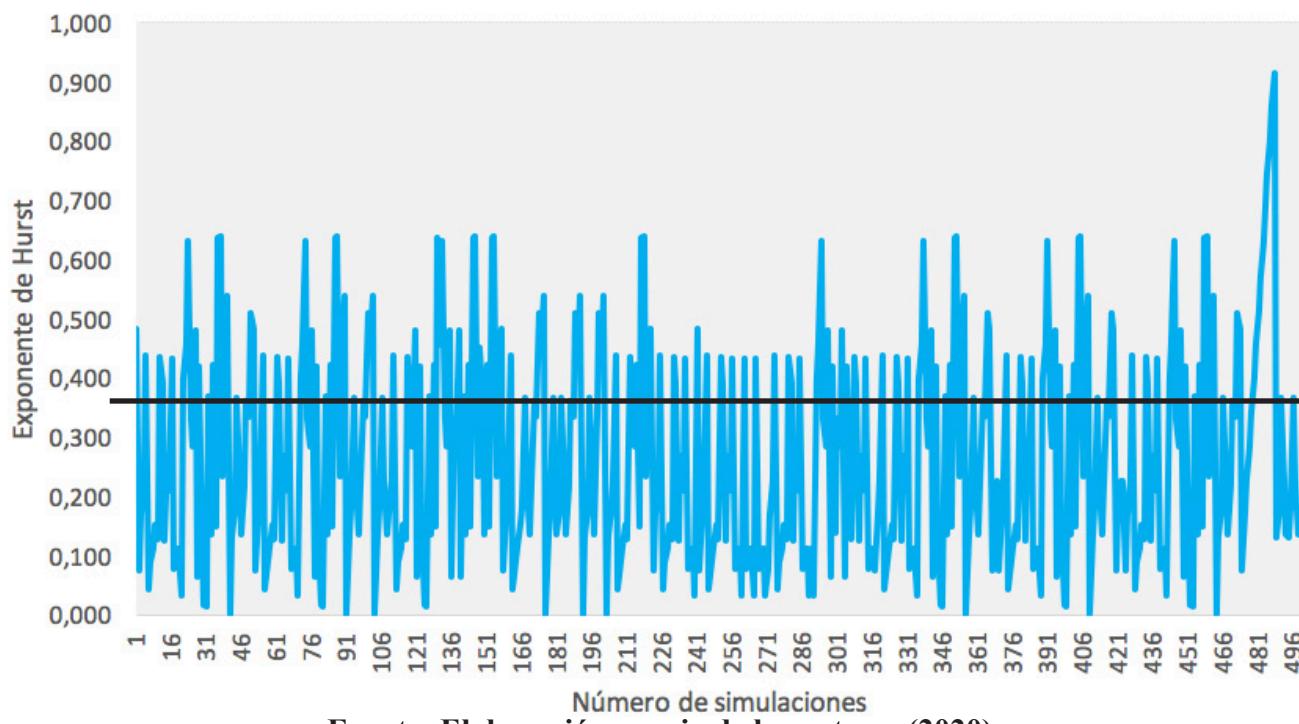
Adicionalmente, interesa destacar que el procedimiento aquí explicitado ha servido para ilustrar cómo se puede reconstruir el espacio de fases de un sistema dinámico y cómo se establece que un determinado objeto de dimensionalidad “n” conservará sus características inherentes en una dimensión “m” siempre y cuando “m” sea mayor a “n” más uno.

Estimación para final de año

Seguidamente, en la Figura 9 se presenta el resultado obtenido una vez realizada una serie de 500 simulaciones con miras a establecer la estimación de contagios en un horizonte de 180 días. Interesa destacar que, al realizar esta evaluación, el Exponente de Hurst

en promedio fue de 0,271, con una desviación estándar de 0,1807, es decir, que se estima que la serie para ese periodo será antipersistent, con una probabilidad condicionada de 90,4%, igualmente, se puede observar que hay una probabilidad del 8,6% que se produzca un escenario persistente y de un 1% que el movimiento sea Browniano.

Figura 9. Simulación del Exponente de Hurst para diciembre 2020



De esta manera, el lector podrá apreciar los valores del Exponente de Hurst (casos simulados), por debajo de la recta, la cual refleja que el valor de 0,5 corresponde al estado tendencial del sistema, esto indica la estabilidad de la tendencia a un sistema antipersistente para el período de noviembre a diciembre de 2020. De allí la inferencia de una

alta probabilidad de que ocurra este comportamiento futuro.

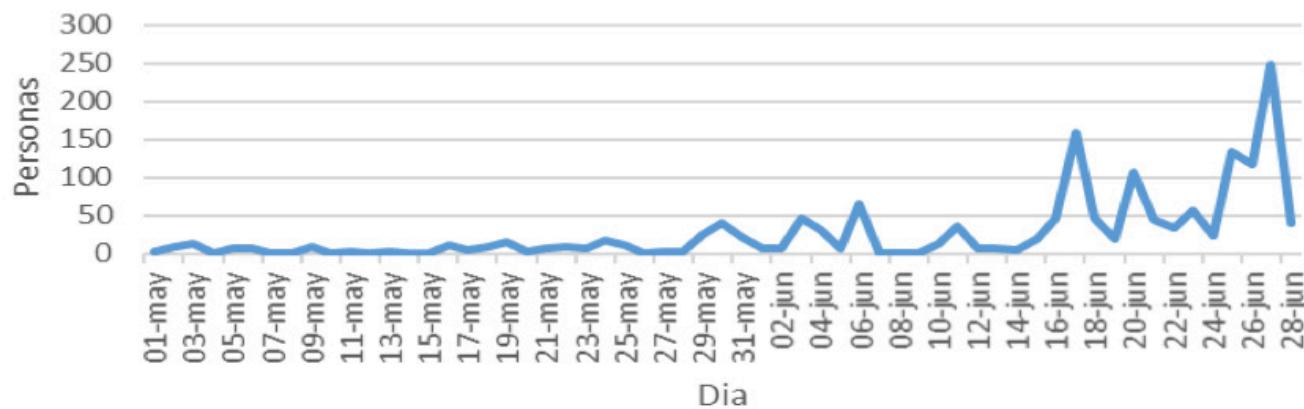
Por otro lado, los valores del Exponente de Hurst que se muestran por encima de la recta indican la persistencia del sistema, lo que revela que la serie tiene poca probabilidad de que este escenario ocurra, y hay muy pocos puntos que corresponden

al «movimiento browniano», o sea, el movimiento aleatorio y que no puede ser previsto.

Casos Comunitarios

En la Figura 10 observamos el comportamiento de los contagios comunitarios diarios en Venezuela por la covid-19.

Figura 10. Comportamiento de casos de contagios comunitarios de Covid-19, en Venezuela (2020)



Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Los resultados del rango reescalado y sus respectivos logaritmos para los casos de contagios comunitarios, se presentan en la Tabla N° 5:

Tabla 5

Día	Ln(N)	Ln(R/S)
20	2,99573227	1,3456234
40	3,68887945	1,7667049
60	4,09434456	1,8261203
80	4,38202663	2,1294005
100	4,60517019	2,4678320

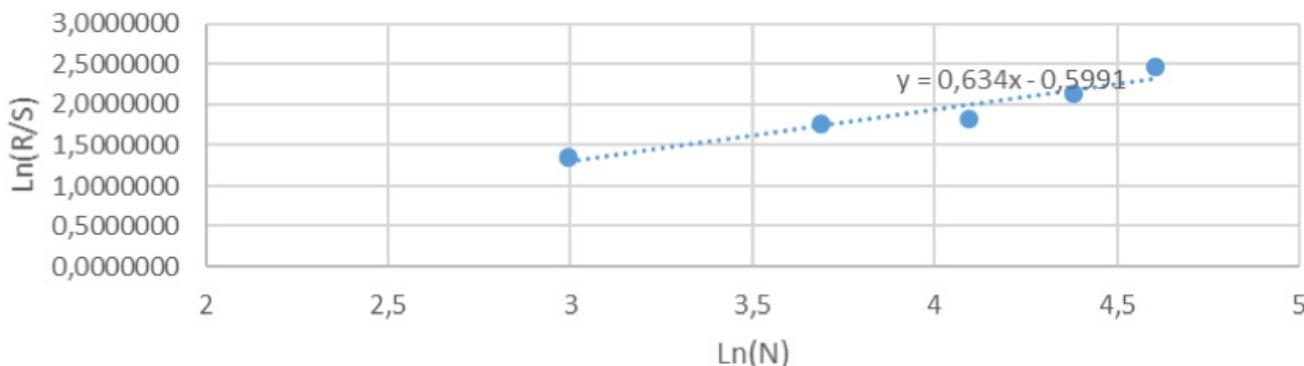
Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Al elaborar el diagrama de dispersión y realizar la regresión lineal correspondiente, se observa en la Figura 11 que el Exponente de Hurst tiene un comportamiento

de persistencia, para los próximos veinte días, al dar un resultado de 0,634 como se puede observar en la figura, lo que nos hace suponer que hay una influencia de los casos

importados sobre la persistencia de los casos comunitarios, por lo tanto, analizaremos la data de los casos importados.

Figura 11. Casos comunitarios.
Ecuación de rango reescalado $\ln(R/S) = \ln(a) + H \cdot \ln(N) + e$

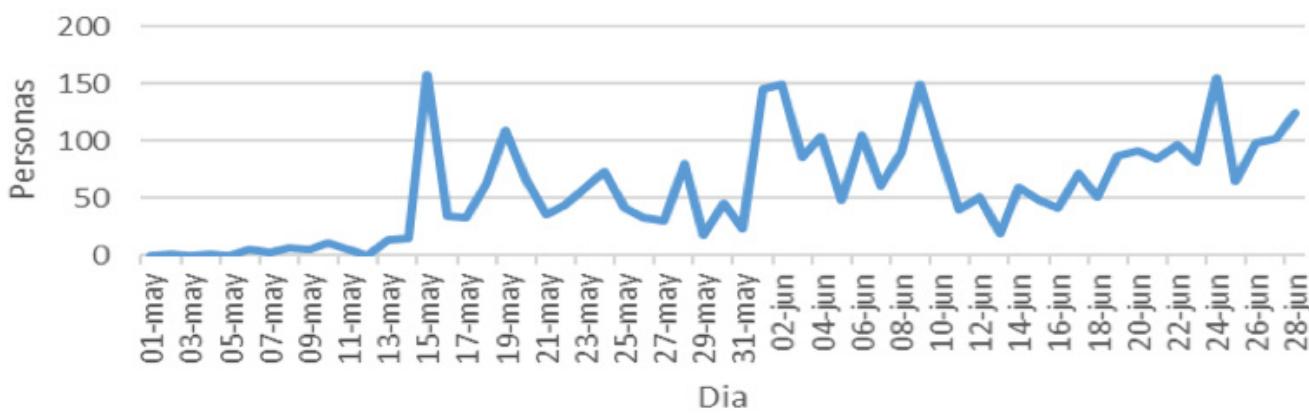


Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Casos Importados

En la Figura 12, observamos el comportamiento de los contagios importados diarios en Venezuela por la covid-19, aquí podemos apreciar la aleatoriedad de la serie, con alzas y bajas muy pronunciadas.

Figura 12. Comportamiento de casos de contagios importados de Covid-19, en Venezuela.



Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Igualmente, para este tipo de casos en la Tabla 6 tenemos los datos del análisis de rango reescalado, obteniéndose la siguiente información:

Tabla 6

Día	Ln(N)	Ln(R/S)
20	2,99573227	1,97362456
40	3,68887945	1,96439175
60	4,09434456	1,96804194
80	4,38202663	2,43678373
100	4,60517019	3,25347581

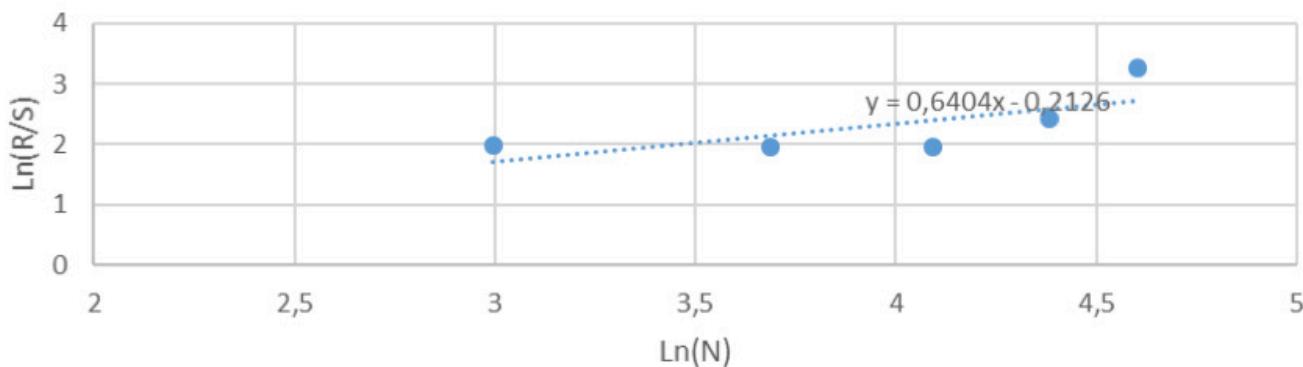
Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Y al realizar el diagrama de dispersión se observa en la Figura 13, correspondiente a la regresión

lineal, la ecuación de la recta y el Exponente de Hurst, para los casos de contagios importados nos indica

que es 0,6404, es decir, que la serie nos refleja que, para el próximo período, será persistente.

Figura 13. Casos importados.
Ecuación de rango reescalado $\ln(R/S) = \ln(a) + H * \ln(N) + e$



Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Es importante destacar, que este movimiento persistente se puede evidenciar en la figura original donde se aprecia su comportamiento al alza.

Discusión

Millones de líneas impresas y digitales generadas durante el primer semestre del año 2020, dan cuenta que no hay ninguna evidencia de que el virus causante de la pandemia covid-19 tenga un comportamiento estacional. Por el contrario, a medida que transcurren los días, se observa que su comportamiento tiene un carácter aleatorio, y los estudios de expertos en salud pública, enfermedades infecciosas y preparación para emergencias que han estado a la vanguardia de la respuesta internacional ante la covid-19, como los del Johns Hopkins Center, indican que la curva es exponencial. Otras evidencias, en cambio, como las de la Organización Mundial de la Salud (OMS), sugieren que hay rebrotes en algunos países, lo que haría suponer que el virus tiene un importante grado de aleatoriedad.

Esta investigación se insertó en esta segunda línea de trabajo, al intentar inferir sobre el carácter irregular e impredecible de la serie de contagios de la covid-19 en Venezuela, donde se reporta la existencia de una dependencia sensitiva a las condiciones iniciales, cuya perturbación genera consecuencias inmediatas.

De allí, la inquietud de considerar el histórico de contagios, con el objetivo de identificar y comprobar la relación temporal entre las variables intervientes; vale decir, no las que indican los contagios, sino aquellas que caracterizan los diferentes tipos de contagios, a saber:

el importado, el que se produce a lo interno por contactos con viajeros y por contactos comunitarios que se generan a lo interno de la propia sociedad venezolana. Todo ello con el propósito de lograr la una mejor comprensión del fenómeno pandémico de la covid-19 en la República Bolivariana de Venezuela.

Para ello, se utilizó el coeficiente de Hurst, indicador útil para detectar factores que pueden amplificar o atenuar los contagios a partir de las series de tiempo sobre la covid-19 en la República Bolivariana de Venezuela, las cuales permiten conjeturar una persistencia en los contagios importados y comunitarios, tal como hemos demostrado con la presencia de correlaciones en las fluctuaciones del crecimiento de la covid-19 en Venezuela.

Si bien la orden de “quedarse en casa” fue un parámetro que permitió una disminución de las correlaciones en la propagación de la enfermedad, dado que el parámetro cambia su valor de persistencia a antipersistencia, lo cierto es que al permitirse el relajamiento de la cuarentena social obligatoria, el valor del parámetro se hizo más cercano a cero, y por consiguiente, fue más fuerte la tendencia de las fluctuaciones a volver a su valor medio en el corto plazo, lo cual se constituyó en un factor crucial para que se siga propagando la enfermedad debido a la mayor probabilidad de contagio de las personas.

Esta interpretación de los resultados sugiere profundizar las políticas públicas en la materia a los fines de redefinir los mecanismos preventivos y correctivos pertinentes, toda vez que la dependencia del parámetro Hurst dé diferentes parámetros de control, como por ejemplo el de la “Radicalización de la Cuarentena Social”, que puede describirse en el marco de la teoría de catástrofes, desarrollada por Thom (1950) donde se plantea el comportamiento de sistemas en los cuales el cambio continuo del valor de un parámetro es susceptible de introducir localmente discontinuidades en la evolución de las variables de estado, generando rupturas que pueden ser de magnitud considerable en función de una muy ligera modificación del comportamiento de la variable que la origina.

De allí que, en el presente trabajo se describió la herramienta estadística denominada coeficiente de Hurst, se ejercitó su cálculo en las series oficiales de contagio de la covid-19 en la República Bolivariana de Venezuela y se ensayó, en los casos de contagios importados y comunitarios, factores potenciales que podrían explicar la permanencia de la pandemia.

Se adoptó como información base las estadísticas producidas y publicadas por el Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (ONCTI) correspondiente a los primeros 100 días de cuarentena social obligatoria, decretada por el Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela (marzo-junio 2020). Al

respecto, se consideran los contagios totales que incluyeron contagios importados, a contagios por contactos con viajeros y contagios comunitarios.

No se descarta la existencia de un pequeño número de contagios no reportados para su adscripción a una de las taxonomías aquí empleadas, por lo que a efectos de este estudio no tienen significancia estadística.

Dado que los datos reportados por el ONCTI discriminan cantidad de casos por tipología de contagios, se ha procedido a la estimación del indicador H en ambos, toda vez que se podría haber sucedido que el valor H migrarse de un tipo de contagio al otro, cuestión que, de haber sucedido, permitiría un mayor análisis de las posibles implicaciones.

A tal efecto, se han detallado las capacidades teóricas del indicador, su forma de cálculo y las interpretaciones posibles. Luego de haber sido aplicado a las series oficiales de contagios para la República Bolivariana de Venezuela, se han encontrado resultados para los diferentes tipos de contagio.

Los resultados han sido expuestos y analizados a partir de su cuantificación, y finalmente se procede a enunciar conjeturas posibles que expliquen el fenómeno observado y las recomendaciones técnicas propias para este caso.

Interesa destacar que, la decisión asumida por las autoridades de decretar estado de alerta y generar la orden de "quedarse en casa" bajo el eslogan de "Cuarentena Social Obligatoria" es un parámetro importante que permitió controlar la persistencia del crecimiento de los contagios. Al flexibilizarse este pedido en todos los estados, se observa una persistencia al crecimiento de nuevos casos de contagio. Sin embargo, después de ordenarse la "Cuarentena Social Radical", el parámetro Hurst disminuye bruscamente.

Por otro lado, importa señalar que, los valores del parámetro Hurst permiten inferencias precisas debido al adecuado número de datos (<200) disponibles hasta el momento. Otro factor que podría ser responsable de la inexactitud de los resultados es el hecho de que no se sabe con exactitud cuántas personas provenientes de los estados fronterizos han ingresado al país en estado de contagio, las cuales podrían estar experimentando una enfermedad leve o sin síntomas, pero convirtiéndose en un multiplicador activo de eventuales contagios.

Estos valores pueden mejorarse en nuestro trabajo posterior a medida que más datos sobre nuevos casos de covid-19 estén disponibles.

Es así como ante los hallazgos que emergen del proceso de simulación aquí presentado, y en atención a los planteamientos de Garmendia y Alcaide (2011) quienes plantean en relación a la dimensión fractal

de las fluctuaciones de los tamaños poblacionales al Coeficiente de Hurst como Indicador de Extinción de Especies, cabría preguntarse: y después de la pandemia de la covid-19 ¿qué sigue?

Si bien los resultados de la medición de esta dimensión fractal son demasiado cortos para que sean concluyentes, los mismos hablan de la persistencia de contagios para los próximos tiempos, y en consecuencia de la necesidad de romper con la mirada clásica de intentar prever el futuro, haciendo lo que está preestablecido o mirando, únicamente, a través del espejo retrovisor.

Por consiguiente, la pregunta que todos debemos hacernos con la pandemia de la covid-19 es si aprendimos la lección. Toda vez del peligro que esta nos depara, de no hacer nada, es la muerte de todos los seres vivos en este planeta, que no nos hemos preparado para eventos de este tipo.

Finalmente destacamos que, no se trata de adivinar o de calcular el futuro exacto, sino de prever situaciones que permitan a los diseñadores de políticas públicas pensar en estrategias alternativas y prepararnos para estas alternativas.

Referencias Bibliográficas

Davies RB y Harte DS (1987). Tests for Hurst effect. *Biometrika* 74:95-101

Garmendia S, Alcaide, A. (2011). ¿Es el Coeficiente de Hurst un Buen Indicador de Extinción de Especies? Pensamiento Matemático. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/267231306_Es_el_coeficiente_de_Hurst_un_buen_indicador_de_extencion_de_especies

Hurst, H.E. (1951). Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*. 116: 770. Recuperado en: <https://cedb.asce.org/CEDBsearch/record.jsp?doc-key=0292165>

Mandelbrot, B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*, 2nd. ed. W. H. San Francisco: Freeman & Co

Organización Mundial de la Salud (2010): ¿Qué es el periodo pos-pandémico? Recuperado en : https://www.who.int/csr/disease/swineflu/frequently_asked_questions/post_pandemic/es/ .

Racine, R. (2011). Estimating the Hurst Exponent. UD y la Geomática. Recuperado en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/UDGeo/article/view/3648/68>

Thom, R. (1977). *Stabilité structurelle et morphogénèse*, París: Interédition