

Animal Spirits y Covid-19 en México

*Sergio Lagunas-Puls**

*Genaro Aguilar-Gutiérrez***

*Oscar Miguel Reyes-Hernández****

Resumen: Ante la pandemia por Covid-19 se investiga y mide la naturaleza de la relación de los contagios en México con hábitos persistentes (memoria de contagio), mediante el exponente de Hurst (H), analizando 3,727 reportes diarios (311,483 casos positivos a SARS-CoV-2), agrupados por estados del país. Un índice H elevado indicará persistencia de la pandemia por hábitos arraigados y un exponente Hurst H menor indicará aleatoriedad de los contagios, derivado del *Animal Spirits* de Keynes: conducta irracional de salir de la casa y no seguir las recomendaciones de cuidados de la salud. Los resultados muestran que en Jalisco y Querétaro los contagios derivan de hábitos persistentes (alto índice de Hurts); mientras que Quintana Roo y Baja California Sur tienen mayor *Animal Spirits* (aleatoriedad). Se concluye la necesidad de políticas diferenciadas, en función del *Animal Spirits*; la metodología aplicada contribuye a identificar el momento adecuado para tomar decisiones contra la pandemia.

Palabras clave: *Animal Spirits*, Covid-19, SARS-CoV-2, fractal, memoria de contagio.

* Sergio Lagunas-Puls. Doctor en Desarrollo Económico por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Profesor Investigador Titular, Universidad del Caribe. Correo electrónico: slagunas@ucaribe.edu.mx

** Genaro Aguilar-Gutiérrez. Doctor en Ciencias Económicas por la Universidad Estatal de Campinas de São Paulo, Brasil. Profesor Investigador Titular, Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional. Correo electrónico: genaroaguilargtz@gmail.com

*** Oscar Miguel Reyes-Hernández. Doctor en Educación por la Universidad del Sur. Profesor Investigador Titular, Universidad del Caribe. Correo electrónico: oreyes@ucaribe.edu.mx

Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública, vol. 14, núm. 30, enero-junio de 2021, pp. 13-76. Fecha de recepción: 21 de agosto de 2020. Fecha de aceptación: 17 de mayo de 2021.

Animal Spirits and Covid-19 in Mexico

Abstract: To face the Covid-19 pandemic, a research is directed to measure the nature of the relationship of the spread of Covid-19 in Mexico with the persistent habits that lead to its spread (spread memory), analyzing 3,727 daily reports which equal to 311,483 positive cases of SARS-CoV-2, grouping them by federative entities. A high H level should indicate persistence of the pandemic due to ingrained habits, and a smaller H exponent should indicate randomness of the spread, derivated from people's Animal Spirits from Keynes: an irrational behavior of unnecessarily avoiding the healthcare recommendations. The results show that Jalisco and Querétaro are the entities which show a higher spread caused by persistent habits (higher H level), meanwhile Quintana Roo and Baja California Sur show a higher level of Animal Spirits (randomness). The necessity for various different healthcare politics based on each entities necessities and Animal Spirits is shown as a conclusion; and the applied methodology allows to identify the most suitable moment to take decisions to face the pandemic.

Keywords: Animal Spirits, Covid-19, SARS-CoV-2, fractal, long term memory.

Introducción

De acuerdo con Keynes, uno de los grandes pensadores de la ciencia económica, los agentes económicos son por naturaleza inconsistentes, variables, inciertos y aleatorios, pero libres para tomar sus decisiones de inversión, siendo esa una condición intrínseca para la ampliación de su riqueza (Farmer y Konstantin, 2019; Déés y Zimic, 2016). Es en este marco conceptual que Keynes indica que el cálculo de la probabilidad no debe ser tratado como un cálculo basado en frecuencias de eventos pasados, sino como una relación lógica y racional para conocer algo a partir de la ausencia de fuentes de información perfectas. Es decir, la propia trayectoria social es incierta, ya que las consecuencias de las decisiones individuales afectan no sólo a la persona que toma sus propias decisiones de manera libre, sino también al resto de la sociedad, de tal forma que siempre hay, en la repercusión de las decisiones sobre el todo, una parte que supera lo esperado por los tomadores de decisiones.

Como el mismo Keynes escribió en su artículo “My early beliefs” (Keynes, 1972), su conceptualización acerca de la conducta irracional del hombre fue influida por la noción de unidad orgánica del filósofo George Moore (contemporáneo de Keynes en Cambridge). La unidad orgánica está caracterizada por el hecho de que las personas no forman sus convicciones y valores sólo basados en su razón, sino también en relación con su propio entorno. La conciencia del individuo, de esta forma, construirá “valores dependientes” de acuerdo con el principio de unidad orgánica, del estado de cosas como un todo, que no pueden ser analizados aisladamente.

Para Keynes la principal relación orgánica es la que existe entre una categoría específica de los agentes económicos (inversoristas o consumidores) y la sociedad en la cual actúan en busca de ampliación de su riqueza monetaria. En relación con la crisis sanitaria mundial, derivada de la nueva enfermedad Covid-19, la unidad orgánica relaciona al hombre con la sociedad en su conjunto y trae consecuencias para la persistencia de la pandemia. La unidad orgánica implica que la “ganancia” o la “satisfacción” de las personas dependerá del comportamiento del resto de éstas (Farmer y Konstantin, 2019; Shyam y Setterfield, 2015). El *Animal Spirits* es, entonces, la motivación extra-económica que lleva a las personas a tomar decisiones irracionales como resultado de expectativas no-ergódicas, es decir, impredecibles. Las decisiones de los individuos no pueden ser explicadas a partir de su comportamiento pasado ni se captan por medio de un modelo de autocorrelación.

En este sentido, el *Animal Spirits* de las personas es una conducta endógena influida por muy diversas motivaciones. Es decir, la evolución endógena del *Animal Spirits* no debe ser concebida dentro de un abordaje determinista o mecánico. Esto hace necesario un modelado con base en eventos históricos cuyas propiedades como incertidumbre, no ergodicidad y *path-dependence* (dependencia de la senda) tienen un rol fundamental (Farmer y Konstantin, 2019).¹

¹ Frente a la incertidumbre, múltiples técnicas han sido desarrolladas buscando la predicción de las variables. Es decir, en un ambiente marcado por la incertidumbre estructural, los agentes económicos y las empresas crean técnicas para prevenirse y es precisamente la existencia de esas técnicas lo que intenta (aunque no logra) administrar la incertidumbre. La Teoría del Caos, estudiada por Henri Poincaré al final del siglo XIX, y más tarde desarrollada por Edward Lorenz, también

En el contexto de la pandemia mundial surge la siguiente interrogante: ¿Los contagios por virus SARS-CoV-2 en los estados de México están más relacionados con hábitos sistemáticos previsibles o con infecciones adquiridas por causas aleatorias o al azar, derivadas del *Animal Spirits* de las personas?

El *Animal Spirits* ha sido modelado por diversos autores² y una conclusión relevante de un gran número de estos modelos es que el entorno de toma de decisiones en el mundo real es uno de incertidumbre estructural y que el *Animal Spirits*, como conducta irracional, es considerado la forma más común de representar las expectativas de largo plazo en las sociedades modernas (Farmer y Konstantin, 2019; Dées y Zimic, 2016).

Inicialmente, el artículo presenta la concepción teórica del *Animal Spirits* y la siguiente sección es una introducción al tema fractal que permite comprender su aplicación para fenómenos complejos. Posteriormente, se presenta un apartado que describe la metodología empleada con microdatos de los casos confirmados a SARS-CoV-2 desde el primer registro oficial y hasta lo incluido en el informe de la Dirección General de Epidemiología al 14 de julio 2020, para analizar 3,727 reportes diarios del país, que representan 311,483 casos positivos, organizados de acuerdo con la entidad federativa que los reportó (Secretaría de Salud, 2020).

Finalmente, considerando que el objetivo de este trabajo es conocer si la evolución de los contagios se debe principalmente a los hábitos persistentes arraigados (memoria de contagio) o si dicha evolución tiene como explicación causas aleatorias, la última sección presenta los resultados numéricos y gráficos del índice de Hurst (H) por estado del país, agrupados en ocho grandes regiones: aquellos estados con mayor memoria de contagio, índice H con valores altos, indican persistencia arraigada (asociada a las actividades rutinarias), no atribuible a la aleatoriedad o azar, por lo que los contagios suceden por los hábitos de las personas.

En el caso extremo, los índices de H menores indican que la evolución de los contagios está asociada a factores aleatorios, más

es una alternativa teórica para estudiar las fluctuaciones como resultado de eventos derivados endógenamente en la estructura de los sistemas.

atribuibles al *Animal Spirits* de las personas, consignado en la literatura especializada (Aguilar y Lagunas, 2020; Farmer y Constantin, 2019; Dées y Zimic, 2016).

Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio, destacando que dependiendo del índice H obtenido, algunas entidades deberían aplicar mayores medidas restrictivas que otras, para incidir positivamente y de manera simultánea en la reducción de la pandemia sin afectaciones mayores a la actividad económica. Después de las referencias se encuentra el anexo, con la información por estado de casos positivos diarios, gráficas de contagios y exponentes de Hurst.

***Animal Spirits* y pandemia**

La literatura especializada en ciencias económicas considera relevante analizar las expectativas de las personas. La teoría de las expectativas racionales sugiere un comportamiento siempre racional de los individuos, que puede neutralizar los efectos de las decisiones de política económica (Gorodnichenko y Kamdar, 2017). Sin embargo, Keynes utilizó el concepto de *Animal Spirits* para designar lo que muchos otros escritores llaman “factores psicológicos”: lo definió como una especie de optimismo o pesimismo espontáneo que hacía que los empresarios invirtieran o desinvertieran dinero con base en optimismo o pesimismo sobre sus propias ideas o creencias. Curiosamente, Keynes pudo haber sido influenciado por el psicoanálisis cuando formuló algunas de las ideas en su *Teoría general*. Winslow (1986) estaba cerca del llamado grupo Bloomsbury, que también incluía defensores del psicoanálisis, y encontró evidencia indirecta de influencias psicoanalíticas en la discusión de Keynes sobre la preferencia por la liquidez y el *Animal Spirits*.

En su obra anterior, *A Treatise on Money*, Keynes mencionó algunas ideas de Freud en notas de pie de página, pero en su *General Theory* no se refirió en absoluto al psicoanálisis. Sin embargo, del análisis del comportamiento irracional de las personas se infiere que Keynes puede haber sabido más sobre psicoanálisis que

sobre psicología, excepto por la psicología basada en sus propias observaciones. Gran parte de este razonamiento se relacionó con la incertidumbre del futuro y las expectativas que sustituyeron a ciertos conocimientos, un área inexplorada por los psicólogos en esos días.

De cualquier forma, la idea central del concepto de *Animal Spirits* es que factores psicológicos podrían estar detrás del razonamiento de las personas a la hora de tomar decisiones clave en su comportamiento cotidiano. El estado de ánimo determina si las personas toman decisiones racionales o irracionales, de ahí que se considera un error de análisis partir de la premisa (como lo hace la ciencia económica ortodoxa) según la cual las personas toman sus decisiones siempre de forma racional (Coibion *et al.*, 2017).

En contraposición, la columna vertebral de la teoría de las expectativas racionales descansa sobre el supuesto de que las personas emplean la información disponible y relevante para prever lo que va a ocurrir y no cometen errores sistemáticos al hacer sus previsiones y, por tanto, al tomar sus decisiones y, aun cometiendo errores, esa teoría supone que las personas aprenderán a partir de ellos, de manera que los errores previsibles serán eliminados, no sólo apoyándose en la experiencia pasada, sino recurriendo también a nuevos datos actualizados; las personas los usarán de modo óptimo y con base en ello tomarán las decisiones cruciales para sus vidas (Coibion *et al.*, 2017).

Consecuentemente, en la ciencia económica tradicional las personas son vistas como maximizadoras de su bienestar, buscando siempre la mayor recompensa posible para sus esfuerzos. La suma de las decisiones individuales en una sociedad conduciría al bienestar colectivo. En el contexto de la pandemia esta teoría de la racionalidad de las personas supondría que sólo en casos extremos éstas arriesgarían su propia vida y, por tanto, no tendrían un comportamiento que las expusiera a contraer el virus SARS-CoV-2.

La teoría del *Animal Spirits* desecha este comportamiento siempre racional de las personas: el proceder real de las personas es, claramente, irracional. En la actualidad, los psicólogos están interesados en clasificar y estudiar las irracionalidades con el objetivo

de producir una descripción más realista de las decisiones humanas (Chater *et al.*, 2018).

Así, es relevante desarrollar investigaciones con las cuales se pueda aproximar una cuantificación del grado de irracionalidad o racionalidad con el que actúan las personas en México en el contexto de la pandemia. El índice de Hurst (descrito detalladamente más adelante) será utilizado para este fin.

Hablando de fractalidad: ¿qué es fractal?

Comúnmente la palabra *fractal* es relacionada con figuras geométricas y ha sido una de las maneras populares de presentarla, ya que la característica de estas figuras radica en su conformación: a partir de la principal o de mayor escala, se desprenden otras, en infinitud de escalas inferiores, pero todas similares a la original, es decir, se presenta persistencia, memoria.

Los primeros estudios en la materia datan de finales del siglo XIX, cuando a partir de la subdivisión de figuras se observó que de cada división surgían partes más pequeñas, pero con similitud a la original. Quizá lo más representativo de estos indicios fue el llamado conjunto de Cantor, en honor al matemático George Cantor, quien a partir de un segmento identificó que al dividirlo obtenía dos segmentos más pequeños, de los cuales a su vez, al dividirlos, se obtenían nuevos segmentos más cortos (distintas escalas), pero similares a las anteriores y también al segmento original (véase Imagen 1); de esta manera se podía continuar, indefinidamente, a menores escalas pero siempre obteniendo figuras similares (Casas, 1996).

Imagen 1. Conjunto de Cantor



Fuente: Tomada de Nathanae Aff (2020).

Ya en el siglo xx el matemático de origen polaco Benoit Mandelbrot acuñaba los atributos para que, en lo futuro, algunos se refirieran a él como “Padre de la fractalidad”, al definir que las fracturas o trozos de una figura original, cada una en distintas escalas, conservaban similitud, sugiriendo que se tenía implícitamente una especie de “memoria” en la que los fragmentos recordaban características de su origen (Klir, 2011).

Así fue que, a partir de la propuesta de George Cantor de finales del siglo xix (Marín, 2014: 130) y con la definición de Mandelbrot, las figuras fractales presentaban complejidad matemática nunca vista, figuras que se llegaron a denominar “monstruos” (Quezada, 2005) por su carácter infinito, fraccionado, distinto a las explicaciones y planteamientos de la geometría de Euclides (Sánchez, 2012).

La fractalidad propuesta por Mandelbrot se sumó en el ambiente de los matemáticos que habían propuesto otras figuras con características de similitud en escalas, siendo algunas de las más populares el conjunto de Mandelbrot, triángulo de Waclaw Sierpinsky y el copo de nieve de Helge von Koch, entre otros (del Rey, 2010) (véase Imagen 2).

De acuerdo con las figuras contenidas en la Imagen 2 se aprecia que todas ellas parten de una figura principal o de mayor escala a partir de la cual surgen otras, en distintas escalas, pero guardando similitud entre todas (Sienra, 2008), lo cual a su vez representan una sola figura fractal, es decir, formando, entre todas, conjuntos, característica propia de los fractales.

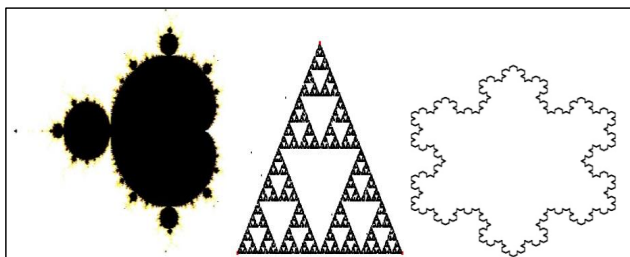
Una mención imprescindible es el artículo de Mandelbrot titulado “How Long Is the Coast of Britain?” publicado desde 1967, en el que plasmó un reto al mundo de la ciencia: ¿cómo medir una costa dada su irregularidad y, en consecuencia, su complejidad? Tal situación fue una evidente oportunidad de presentar las limitaciones de la geometría euclidiana, fortaleciendo la propuesta fractal como solución para medir objetos naturales; pero, además, surgiría un término que en adelante sería clave para la fractalidad: la autosimilitud o característica autosimilar, debido a que las partes salientes de las costas, como los cabos, en escalas menores, eran similares (Mandelbrot, 1967).

Posteriormente, en 1982, Mandelbrot publicó el libro *The Fractal Geometry of Nature* (Klir, 2011), en el cual confirmaba al mundo que la naturaleza no se podía representar mediante círculos, rectas o triángulos; por el contrario, una característica de los objetos naturales era el patrón irregular (Valdez y Olivares, 1998), ejemplificando con la observación de las nubes, los árboles y los ríos; tales diferencias han sido retomadas para explicar la diferencia entre geometrías (Spinadel, 2009). Posteriormente, debido a la incursión de Mandelbrot en la industria de los ordenadores, en la empresa IBM hizo varias de las representaciones teóricas que había realizado en el pasado, logrando digitalizar cordilleras y costas mediante distintas escalas, pero guardando todas ellas memoria de su similitud (Davis, 1984).

Así fue como, después de haber explicado lo adecuado de la geometría fractal para medir y representar objetos naturales, Mandelbrot iniciaría una larga carrera que aún después de su muerte se lleva a cabo en el siglo XXI: comprender no sólo objetos naturales sino también acontecimientos en variables de otros campos; por mencionar sólo un ejemplo, Mandelbrot identificó que en mercados financieros las series o datos presentaban volatilidad y riesgos importantes que no necesariamente obedecían a temporalidades

Imagen 2. Algunas de las representaciones fractales más populares

De izquierda a derecha: conjunto de Mandelbrot, triángulo de Sierpinski y copo de nieve de Koch.



Fuente: Elaboración propia mediante código abierto *RStudio*.

definidas o que se ajustaran a una distribución de probabilidad: eran irregulares.

Mandelbrot sugeriría que una serie financiera caótica (volátil y no definida por temporalidades o ajustes a distribuciones conocidas) debía ser analizada en distintas escalas o, dicho de otra manera, de una misma serie se podrían obtener datos de distintos periodos de tiempo, para distinguir la similitud y los periodos en que se repetía posteriormente, dada la persistencia fractal (Núñez, 2007).

Durante toda su vida, Mandelbrot participó activamente en la investigación no sólo de la geometría fractal general, sino de las propiedades que identificó: similitud (autosimilitud viniendo de fenómenos naturales) y memoria (en distintas escalas, persistente) en series de datos, propiedades que podían demostrarse distinguiendo patrones escalados que el análisis a la serie completa no lo permitía (Mathematics, IBM/Yale University, 2020). Cabe destacar que las escalas son un elemento fundamental de la metodología descrita en el siguiente epígrafe, las cuales representan particiones del total de datos de interés. Además de ellas, es necesario conocer el nivel de similitud, de memoria persistente identificada por Mandelbrot; por ello, a continuación, se abordará lo que se podría denominar complemento fundamental de fractalidad en series de datos.

El ingeniero Harold Hurst, a partir de 1951, contribuyó con distintos artículos relacionados con la hidrología, en un esfuerzo por estimar los niveles de agua en el río Nilo, proponiendo lo que hoy se conoce como *exponente de Hurst*, medida que coincide con las propuestas de Mandelbrot en el sentido de que hay fenómenos de la naturaleza que no pueden ser estimados con estadísticas o modelos matemáticos tradicionales. Su propuesta consistió en observar y registrar los niveles del agua, lo que representaba de alguna manera las escalas, que lo llevó a identificar incrementos y decrementos, pero también los momentos en el tiempo en que se volvían a presentar con características similares (O'Connell *et al.*: 2016).

De esta manera, el exponente de Hurst era estimado con los promedios de las mediciones del agua, en distintas escalas, me-

dian­te las diferen­cias acumu­ladas, determi­nando los ran­gos de cada una de ellas para luego agru­parlos en correspon­dencia con cada esca­la, a ma­nera de una variable res­puesta (nivel del agua ex­presado en loga­ritmos) y una variable ex­plicativa repre­sentada por cada am­plitud o tama­ño de esca­la o parti­ción (tam­bién ex­presada en loga­ritmos). Con esto se reali­zaba un aná­lisis lineal para ob­tener la pen­diente, que cons­tituye el ex­ponen­te de Hurst repre­sentado sim­plemente como H , cuyo pro­cedi­miento es cono­cido como *rango esca­lado* o R/S (O’Connell *et al.*: 2016).

Des­pués de la pre­sen­ta­ción de H en el mun­do cien­tífico, se ha uti­lizado en in­finidad de variables para iden­ti­ficar la pre­sen­cia frac­tal de me­moria per­sis­ten­te, de lar­go pla­zo (Sutcliffe *et al.*: 2016), en un in­icio en la hi­dro­lo­gía, pos­te­rior­mente para el com­por­ta­mien­to cli­má­tico, la me­di­cina, las fi­nan­zas y más re­cientemente en el trá­fico del in­ter­net, por lo que es­ti­mar el ex­ponen­te de Hurst debe con­side­rarse fun­damental en cual­quier es­tudio frac­tal.

Se po­dría decir que el fe­nó­meno frac­tal, con su de­fini­ción, se debe a Mandelbrot, sin em­bar­go, la me­di­ción de la me­moria se debe a Hurst; es decir, uno con­tri­bu­yó con las carac­terís­ti­cas y el otro con la mé­trica de la simi­litud con me­moria per­sis­ten­te. Con esta unión se de­tonó el uni­verso de po­si­bi­lidades para variables o si­tu­aciones en las que se in­fe­rían carac­terís­ti­cas frac­tales. Por tanto, de ma­nera usual, se plan­tean “hipó­tesis frac­tales” con la fi­nalidad de al­can­zar, o no, determi­nado valor para me­morias en series de tiempo res­pecto a que se pu­diera ar­gumen­tar pa­trones re­plicables, há­bitos per­sis­ten­tes, en­con­trando gran acep­ta­ción en la in­ver­si­ón de mer­cados fi­nan­cieros (Tié, 2007; Balladares, Tri­ni­dad-Segovia y Sán­chez-Granero, 2019; Díaz, 2008), en com­por­ta­mien­tos hu­manos como la in­fe­rencia o el juicio pre­vio a res­olver pro­ble­má­ti­cas (Sproh­nle, Lambarri y Lara, 1997), en as­pec­tos cog­ni­ti­vos (Lina-Reyes *et al.*: 2019), entre mu­chos más.

Con re­la­ción al com­por­ta­mien­to de los seres hu­manos, el *Animal Spirits* muestra irra­cionalidad, la per­sis­ten­cia o no de un com­por­ta­mien­to sis­temá­tico sería una carac­terís­ti­ca frac­tal, razón por la cual tam­bién se ha es­tu­diado la en­fer­me­dad me­diante las teo­rias del caos y frac­tal, con­cluyendo que por la com­ple­jidad en

el ciclo infeccioso, los fractales son adecuados para comprender el comportamiento del ser humano enfermo, pero también predecir que en lo futuro se presente agudización de la enfermedad, observando los patrones repetitivos a distintas escalas (Chávez y Chávez, 2006). Siendo así, cualquier situación humana, natural, tendría características fractales, por lo que se descarta cualquier duda de la idoneidad para analizar el comportamiento complejo relacionado al SARS-CoV-2.

En el presente trabajo se busca medir la memoria persistente, en los casos positivos a SARS-CoV-2 en todos los estados de México, de tal manera que aquellos que tengan mayor memoria (mayor valor de H), indicará similitud persistente arraigada, no atribuible a la aleatoriedad o azar, por lo que los contagios suceden por hábitos persistentes (por ejemplo ir al trabajo), mientras que los que tengan menor memoria (menores valores de H) significará que los casos positivos ocurren mayormente por aleatoriedad o al azar, lo que aquí identificamos como comportamiento irracional derivado del *Animal Spirits*, tal como fue definido en la segunda sección. En el siguiente apartado se presenta la metodología empleada para lograr lo anterior.

Metodología

La metodología descrita a continuación fue elegida no sólo para medir sino para generar explicaciones, partiendo de la naturaleza de las personas y sus hábitos, repetitivos, racionales o no (*Animal Spirits*), por ello el objetivo general del trabajo es medir la relación de los contagios por SARS-CoV-2 en los estados de México con hábitos persistentes (memoria de contagio).

La pregunta de investigación radica en conocer cuáles son los estados de México que, de acuerdo con los contagios registrados por SARS-CoV-2, presentan los menores resultados para H , es decir, mayores contagios por causas aleatorias o al azar, *Animal Spirits*, y no por causas atribuidas a las costumbres o hábitos persistentes.

Por tanto, la variable de interés será el número de contagios diarios (casos positivos a SARS-CoV-2), en cada estado de México, desde el primer registro oficial y hasta lo incluido en el informe de la Dirección General de Epidemiología al 14 de julio de 2020, es decir, se analizarán 3,727 reportes diarios que representan 311,483 casos positivos a SARS-CoV-2, organizados de acuerdo con la entidad federativa que los reportó³ (Secretaría de Salud, 2020a).

El método para estimar el exponente de Hurst (H) es el conocido como *rango escalado* (R/S), el cual parte de las series completas de casos positivos diarios en cada estado, mismas que se partirán (dividirán) en distintas categorías del número de días y cada categoría debe sumar el total de la serie completa. Por ejemplo, un estado que tenga información de contagios en 100 días puede tener categoría de 50 días, por lo que deberán existir dos de este tamaño; si se decidiera por categorías de 25 días, entonces debería haber cuatro, para que contengan el total de contagios de la serie. Sin embargo, para el análisis de este trabajo se utilizará el *software RStudio* con la paquetería *Pracma*, para estimar H con el mayor número de categorías posible (Luengas, Ardilla y Moreno, 2010).

En cada categoría se determina la media y con ésta se determinan las diferencias de cada número diario de contagios respecto a la media de su categoría, obteniendo así el concentrado de las diferencias. Con este concentrado se obtiene la acumulación de diferencias, es decir, la diferencia de los contagios del día 1 respecto a la media, a este resultado se le adiciona la diferencia de los contagios del día 2 respecto a la media, y así sucesivamente hasta obtener el acumulado de las diferencias (Hernández y Avilán, 2016).

En la ecuación (7), de manera similar a la forma habitual de una regresión simple, se identifica una pendiente, para este caso el estimado del exponente de Hurst (H).⁴

³ Se adjunta Anexo con los casos diarios con base en los cuales se estimó el exponente de Hurst, por estado.

⁴ Únicamente de manera informativa, si se consideraran los criterios generalmente aceptados para determinar el nivel de memoria o fractalidad de un fenómeno (Plazas, Ávila y Moncada, 2014; Hernández y Avilán, 2016), que no sustituyen la hipótesis general del presente trabajo, se estaría a lo siguiente:

$$x_t t = a, \dots, T$$

$$n = \frac{x}{i} \tag{1}$$

$$\langle X \rangle_T = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_t \tag{2}$$

$$X = (t, T) = \sum_{u=1}^t [x(u) - \langle X \rangle_T] \tag{3}$$

$$R(T) = \max X(t, T) - \min X(t, T) \quad 1 \leq t \leq T \tag{4}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T [x(t) - \langle x \rangle_T]^2} \tag{5}$$

$$\frac{R}{Sd} = (cT)^H \tag{6}$$

$$\log \left(\frac{R}{Sd} \right) = H \log T + \log c \tag{7}$$

Para representar visualmente los resultados, adicionalmente será estimada la dimensión fractal (D):

$$D = 2 - H \tag{8}$$

Cuando $0 \leq H \leq 0.5$ significaría que los hábitos de las personas son aleatorios, inconsistentes e irracionales. Para efectos de este trabajo, un índice H cercano a 0 indica presencia mayor de *Animal Spirits*.

Cuando $H = 0.5$ significaría que los contagios obedecen mayormente a la aleatoriedad, no pueden relacionarse con hábitos de las personas.

Cuando $0.5 \leq H \leq 1$ significará que los hábitos de las personas sí influyen en los contagios; en este caso los contagios obedecen a patrones de movilidad persistentes (quizás salir al trabajo).

Con los parámetros H , D y el número de días de la serie completa, se presentará el grado de fractalidad, en donde el eje z será el valor obtenido para H , eje y será el número de días y el eje x el valor D .

Para organizar los resultados y una mejor apreciación visual, la información y gráficas se agrupan por las regiones de México:

- Noroeste: Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Sinaloa y Sonora.
- Noreste: Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.
- Oeste: Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit.
- Este: Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.
- Centro norte: Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas.
- Centro sur: Ciudad de México, México y Morelos.
- Suroeste: Chiapas, Guerrero y Oaxaca.
- Sureste: Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán.

Resultados

Región noroeste

De acuerdo con los resultados para H, el estado con menor valor para este índice, mayor presencia del *Animal Spirits*, fue Baja California Sur, seguido por Baja California y Chihuahua.

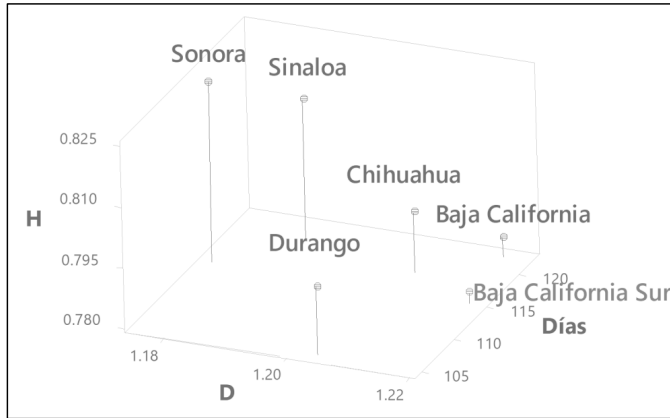
Tabla 3. Parámetros fractales H y D para la Región Noroeste

<i>Estado</i>	<i>Fecha de los primeros ingresos a Unidad de Atención</i>	<i>Fecha de los últimos ingresos a Unidad de Atención</i>	<i>Número de días con registros de contagios</i>	<i>Exponente de Hurst (H)</i>	<i>Dimensión fractal (D)</i>
Baja California	12/feb/2020	13/jul/2020	122	0.784	1.216
Baja California Sur	18/mar/2020	13/jul/2020	115	0.782	1.218
Chihuahua	13/mar/2020	14/jul/2020	118	0.794	1.206
Durango	11/mar/2020	12/jul/2020	105	0.796	1.204
Sinaloa	29/ene/2020	14/jul/2020	120	0.814	1.186
Sonora	15/mar/2020	13/jul/2020	115	0.824	1.176

Fuente: Elaboración propia.

La Imagen 3 muestra que Sonora, Sinaloa y Durango presentan contagios relacionados con hábitos persistentes (ir a trabajar, continuar con las actividades económicas en general), resultado de haber obtenido los mayores valores para el índice H, contrario a lo que sucedió en Baja California Sur.

Imagen 3. Nivel de fractalidad por hábitos persistentes en la Región Noroeste



Fuente: Elaboración propia mediante Minitab17

Región Noreste

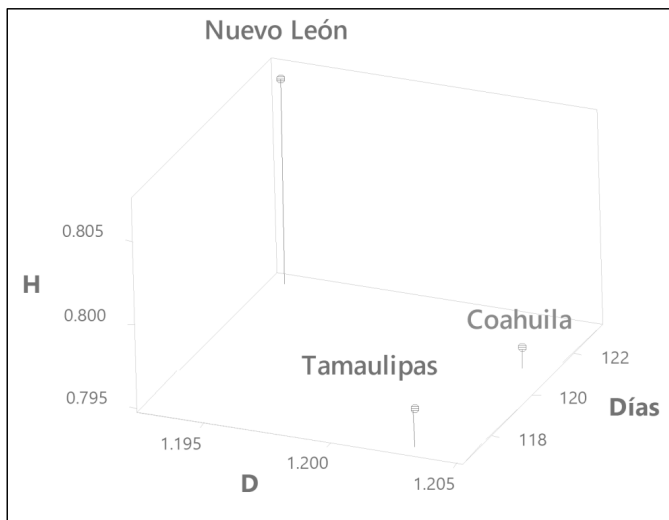
Tabla 4. Parámetros fractales H y D para la Región Noreste

<i>Estado</i>	<i>Fecha de los primeros ingresos a Unidad de Atención</i>	<i>Fecha de los últimos ingresos a Unidad de Atención</i>	<i>Número de días con registros de contagios</i>	<i>Exponente de Hurst (H)</i>	<i>Dimensión fractal (D)</i>
Coahuila	28/ene/2020	14/jul/2020	121	0.796	1.204
Nuevo León	13/ene/2020	14/jul/2020	123	0.807	1.193
Tamaulipas	15/mar/2020	14/jul/2020	117	0.797	1.203

Fuente: Elaboración propia.

La Imagen 4 muestra que en el estado de Coahuila existe una mayor infección ocasionada por el *Animal Spirits* en comparación con los estados de Tamaulipas y Nuevo León, este último con marcada persistencia de contagios debido a los hábitos rutinarios.

Imagen 4. Nivel de fractalidad por hábitos persistentes en la Región Noreste



Fuente: elaboración propia mediante Minitab17.

Región Oeste

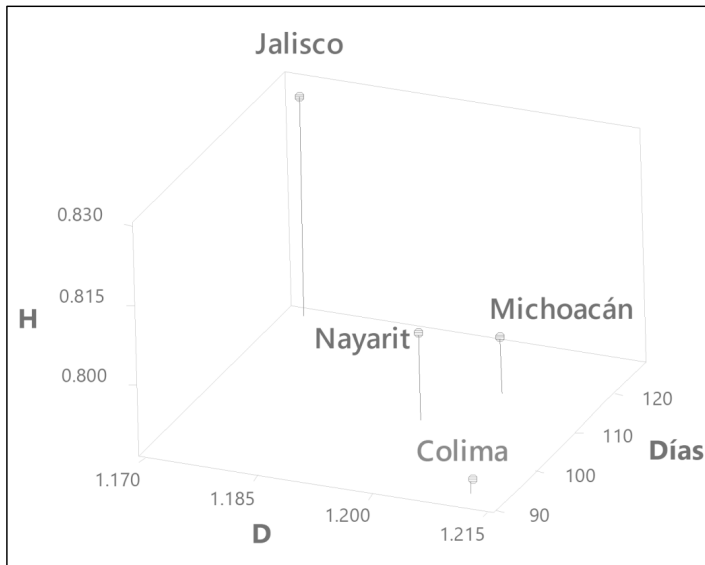
Conforme a la Imagen 5, los mayores contagios debidos al *Animal Spirits* resultaron ser los estados de Colima, mientras que los contagios por hábitos rutinarios se presentarían principalmente en Jalisco.

Tabla 5. Parámetros fractales H y D para la Región Oeste

<i>Estado</i>	<i>Fecha de los primeros ingresos a Unidad de Atención</i>	<i>Fecha de los últimos ingresos a Unidad de Atención</i>	<i>Número de días con registros de contagios</i>	<i>Exponente de Hurst (H)</i>	<i>Dimensión fractal (D)</i>
Colima	14/mar/2020	12/jul/2020	93	0.789	1.211
Jalisco	11/mar/2020	14/jul/2020	126	0.828	1.172
Michoacán	18/mar/2020	14/jul/2020	116	0.797	1.203
Nayarit	18/mar/2020	14/jul/2020	107	0.803	1.197

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 5. Nivel de fractalidad por hábitos persistentes en la Región Oeste



Fuente: elaboración propia mediante Minitab17.

Región Este

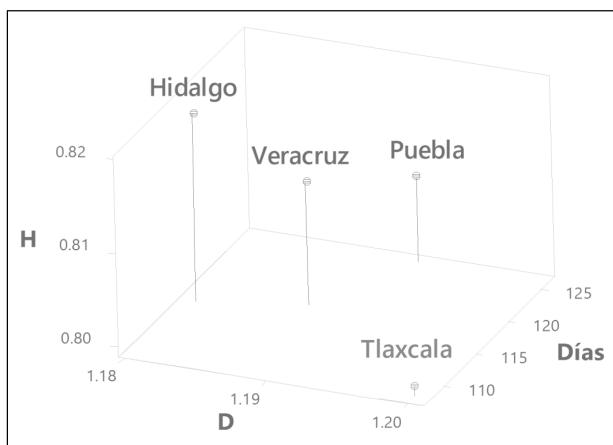
Conforme a la Imagen 6, se presenta una marcada presencia del *Animal Spirits* en el estado de Tlaxcala y en menor medida en Puebla, mientras que Veracruz e Hidalgo tendrían propensión a los contagios por los hábitos acostumbrados.

Tabla 6. Parámetros fractales H y D para la Región Este

Estado	Fecha de los primeros ingresos a Unidad de Atención	Fecha de los últimos ingresos a Unidad de Atención	Número de días con registros de contagios	Exponente de Hurst (H)	Dimensión fractal (D)
Hidalgo	27/feb/2020	13/jul/2020	116	0.819	1.181
Puebla	11/mar/2020	14/jul/2020	126	0.808	1.192
Tlaxcala	13/mar/2020	14/jul/2020	108	0.800	1.200
Veracruz	15/mar/2020	13/jul/2020	118	0.812	1.188

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 6. Nivel de fractalidad por hábitos persistentes en la Región Este



Fuente: elaboración propia mediante Minitab17.

Región Centro Norte

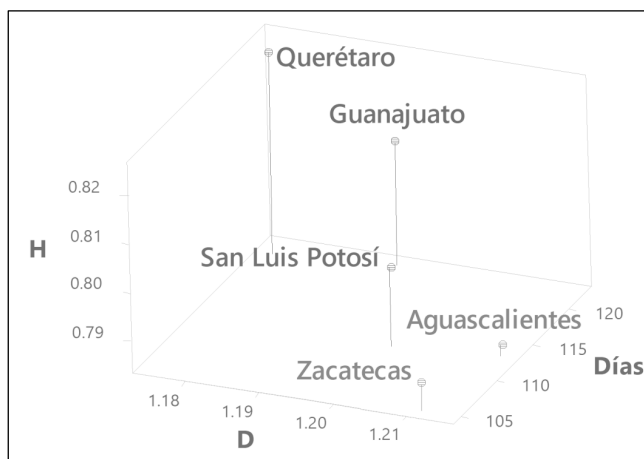
En la Región Norte se acepta la hipótesis general, ya que sí se presenta memoria de largo plazo, asociada a los hábitos de las personas.

Tabla 7. Parámetros fractales H y D para la Región Centro Norte

Estado	Fecha de los primeros ingresos a Unidad de Atención	Fecha de los últimos ingresos a Unidad de Atención	Número de días con registros de contagios	Exponente de Hurst (H)	Dimensión Fractal (D)
Aguascalientes	14/mar/2020	13/jul/2020	113	0.786	1.214
Guanajuato	13/mar/2020	14/jul/2020	122	0.809	1.191
Querétaro	10/mar/2020	13/jul/2020	121	0.825	1.175
San Luis Potosí	13/mar/2020	12/jul/2020	112	0.800	1.200
Zacatecas	16/mar/2020	13/jul/2020	105	0.789	1.211

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 7. Nivel de fractalidad en la Región Centro Norte



Fuente: elaboración propia mediante Minitab17.

De acuerdo con la Imagen 7, en la Región Centro Norte los estados de Aguascalientes y Zacatecas tienen propensión destacada por el *Animal Spirits*, mientras que los estados de Querétaro y Guanajuato tendrían propensión a contagios por los hábitos rutinarios como acudir al empleo o a realizar las actividades económicas.

Región Centro Sur

La Tabla 8 muestra que los valores para H en todos los casos representan memoria de largo plazo, persistencia de los hábitos definidos en los contagios por SARS-CoV-2.

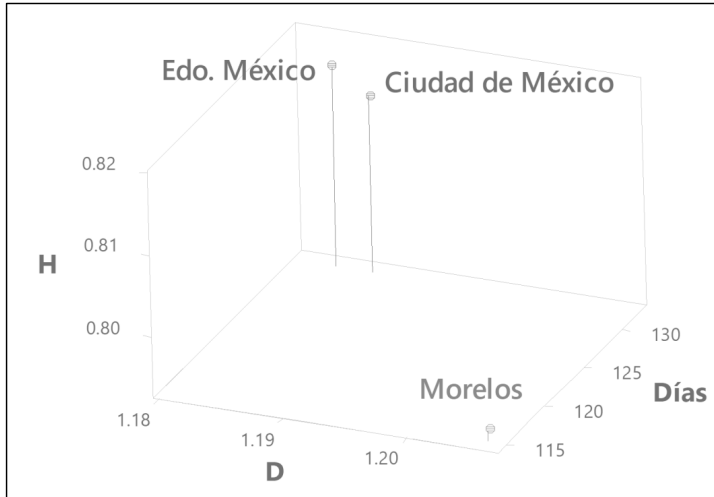
Tabla 8. Parámetros fractales H y D para la Región Centro Sur

Estado	Fecha de los primeros ingresos a Unidad de Atención	Fecha de los últimos ingresos a Unidad de Atención	Número de días con registros de contagios	Exponente de Hurst (H)	Dimensión fractal (D)
Ciudad de México	27/feb/2020	14/jul/2020	132	0.814	1.186
México	28/feb/2020	14/jul/2020	132	0.817	1.183
Morelos	14/mar/2020	13/jul/2020	115	0.794	1.206

Fuente: Elaboración propia.

Conforme la Imagen 8, las personas radicadas en el estado de Morelos tendrían mayor propensión a los contagios por causas aleatorias o al azar, *Animal Spirits*, mientras que el Estado de México y la Ciudad de México presentan orígenes asociados con las actividades rutinarias.

Imagen 8. Nivel de fractalidad en la Región Centro Sur



Fuente: elaboración propia mediante Minitab17.

Región Suroeste

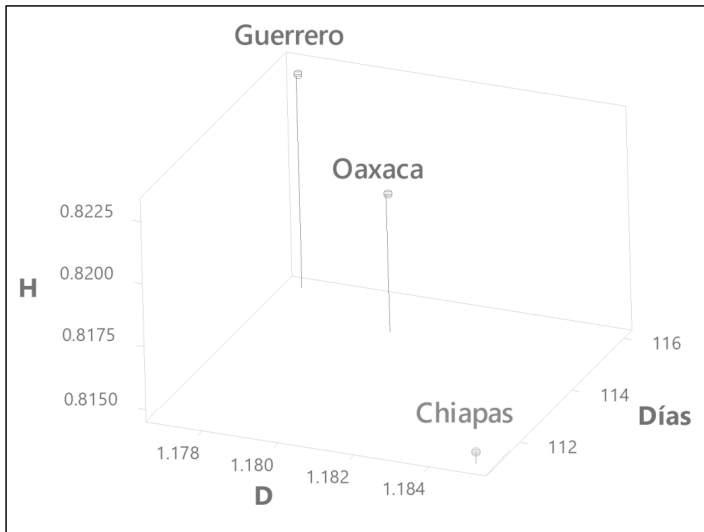
En la Región Suroeste los valores obtenidos para H son muy similares, todos con memorias de largo plazo, en donde se acepta la hipótesis general, encontrando fuerte relación entre los contagios y los hábitos definidos.

Tabla 9. Parámetros fractales H y D para la Región Suroeste

Estado	Fecha de los primeros ingresos a Unidad de Atención	Fecha de los últimos ingresos a Unidad de Atención	Número de días con registros de contagios	Exponente de Hurst (H)	Dimensión fractal (D)
Chiapas	29/feb/2020	13/jul/2020	111	0.815	1.185
Guerrero	13/mar/2020	12/jul/2020	116	0.823	1.177
Oaxaca	13/mar/2020	13/jul/2020	115	0.820	1.180

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 9. Nivel de fractalidad en la Región Suroeste



Fuente: elaboración propia mediante Minitab17.

La Imagen 9 muestra que la mayor presencia del *Animal Spirits* se encontró en el estado de Chiapas, mientras que en Guerrero y Oaxaca se tendría asociación con hábitos rutinarios.

Región Sureste

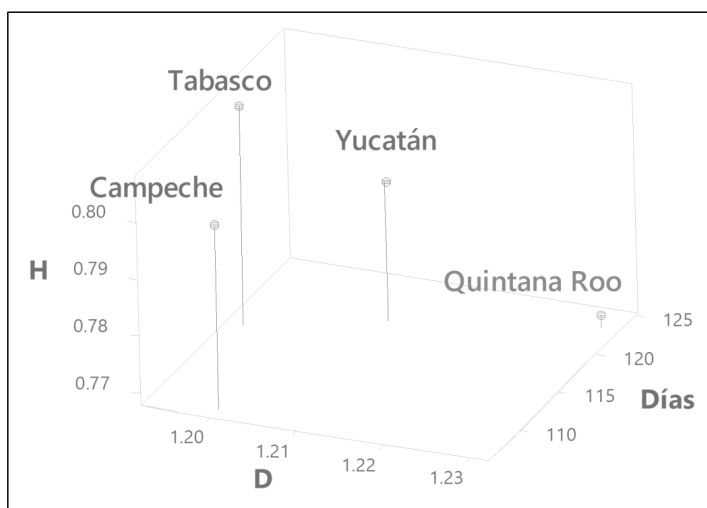
De acuerdo con los estimados para H (Tabla 10), en toda la región existe memoria de largo plazo, influencia de los hábitos definidos en los contagios por SARS-CoV-2; se acepta la hipótesis general.

Tabla 10. Parámetros fractales H y D para la Región Sureste

Estado	Fecha de los primeros ingresos a Unidad de Atención	Fecha de los últimos ingresos a Unidad de Atención	Número de días con registros de contagios	Exponente de Hurst (H)	Dimensión fractal (D)
Campeche	8/mar/2020	13/jul/2020	107	0.800	1.200
Quintana Roo	11/mar/2020	13/jul/2020	123	0.770	1.230
Tabasco	17/mar/2020	13/jul/2020	117	0.806	1.194
Yucatán	12/mar/2020	14/jul/2020	120	0.792	1.208

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 10. Nivel de fractalidad en la Región Sureste



Fuente: elaboración propia mediante Minitab17.

La Imagen 10 muestra que el *Animal Spirits* se encuentra en el estado de Quintana Roo, mientras que en los otros estados existe una compartida propensión asociada con las actividades rutinarias.

Conclusiones

De acuerdo con las ocho zonas en que se dividió a los estados, aquellos con mayor memoria de contagio o hábitos persistentes fueron los estados de Sonora, Nuevo León, Jalisco, Hidalgo, Querétaro, Estado de México, Guerrero y Tabasco. En contraparte, Baja California Sur, Coahuila, Colima, Tlaxcala, Aguascalientes, Morelos, Chiapas y Quintana Roo serían los estados en donde ocurren infecciones con mayor aleatoriedad, con menor relación a los hábitos generales de la población, es decir, en estas entidades parece ocurrir una presencia mayor de *Animal Spirits*, conducta irracional que da origen a una alta aleatoriedad en los contagios.

Al realizar una reflexión acerca de la vocación económica de los estados (Inegi, 2018) y su posible relación con los hábitos o aleatoriedad como incidencias de contagio, se concluye que las dos entidades con mayor persistencia (mayores valores de H) fueron Jalisco, con valor de 0.828, seguida por Querétaro, con valor de 0.825 para H, ambos estados con perfil económico productivo. En el caso de Jalisco, una fuerte vocación a las actividades primarias (producción de alimentos) estaría asociada a que dichas actividades no pueden parar, aun en pandemia. En el caso de Querétaro, es ya uno de los polos industriales más importantes del país que provee de insumos a la industria mundial y, por tanto, tampoco puede parar durante la pandemia.

En contraparte, los estados que presentaron mayor incidencia a contagiarse por causas aleatorias o al azar fueron Quintana Roo, cuyo valor de H fue de 0.770 y Baja California Sur con 0.782, teniendo como elemento coincidente la vocación turística. Se podría concluir que el *Animal Spirits* de estos estados es mayor en función de estos resultados. Por lo anterior se recomienda que en estados con perfil turístico o en aquellos donde el índice de Hurst sea menor (y por tanto el *Animal Spirits* “esté suelto”), se tengan medidas más estrictas, previendo que existan contagios por causas aleatorias, más allá de que la población local adopte las recomendaciones de higiene y sana distancia personal.

Los contagios multitudinarios en pandemias con alto índice de mortalidad son resultado de una escasa educación para la higiene social, un alto nivel de irracionalidad que da origen al *Animal Spirits* y esta característica detona la irresponsabilidad de la población, que olvida, desconoce o minimiza métodos básicos para la prevención temprana de enfermedades o que guarda remedios ancestrales para la respuesta ante estos embates virales. Un reto para vencer es la incredulidad a la enfermedad y sus consecuencias, por difícil que parezca, en una población azotada por comorbilidades de hipertensión, diabetes y sobrepeso; aún en estas circunstancias algunas personas dudan de que exista la enfermedad y el riesgo a morir.

Los gobiernos locales y el federal deberán realizar análisis más allá del conteo de casos, muertes, proporción y tasas de letalidad, en donde se analicen, como lo externado en esta investigación, los patrones de contagio y su relación con el comportamiento racional o irracional en sociedades cuyas actividades productivas son distintas, obteniendo así elementos de apoyo en tomas de decisiones hacia medidas más restrictivas. Ejemplo de ello sería que cuando el valor de H se acerque a 0.99 o bien se incremente con respecto a la última medición, entonces los hábitos estarían influyendo en los contagios, por lo que se sugeriría distanciamiento estricto para la población local; en contra parte, cuando el valor de H se acerque a 0.50 o bien disminuya con respecto a la última medición, entonces los contagios no obedecen a los hábitos sociales, debiendo verificar actividades que interactúen con agentes externos, como el turismo.

Referencias

- Aff, N. (16 de julio de 2020). Fractal dimension as a statistical property. Disponible en: <https://nateaff.com/2017/06/14/fractal-dimension-as-a-statistical-property/>
- Aguilar, G. y Lagunas, S. (2020). “Animal Spirits y no-ergodicidad para Covid-19 en algunos estados de México”. *Revista Panorama*

- Económico*, 16(32), pp. 89-98. Disponible en: <http://www.panoramaeconomico.mx/ojs/index.php/PE/article/view/10/5>
- Aragón, R., Vargas, I. y Miranda, M. G. (2019). “Covid-19 por SARS-CoV-2: la nueva emergencia de salud”. *Revista Mexicana de Pediatría*, 86(6), pp. 213-218. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2019/sp196a.pdf>
- Balladares, K., Trinidad-Segovia, J. E. y Sánchez-Granero, M. (2019). “Contraste de la hipótesis de mercados fractales en el mercado latinoamericano de valores”. *Revista Espacios*, 40(30), pp. 6-16.
- Canals, M., y Solís, R. (2005). “Geometría de los sistemas vivos y su importancia en medicina”. *Revista Médica de Chile*, 133(9), pp. 1097-1107. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0034-98872005000900015&script=sci_arttext&tlng=en
- Casas, J. G. (1996). “El conjunto de Cantor”. *Miscelánea Matemática*, (24), pp. 23-37. Disponible en: https://miscelanea-matematica.org/welcome/default/download/tbl_articulos.pdf2.a60664c87869edc5.67616c6176697a2e706466.pdf
- Chávez, O. M. y Chávez, R. J. (2006). “La enfermedad: una visión desde la teoría del caos y de los fractales”. *Medicrit*, 3(3), pp. 78-84. Disponible en: <http://www.intensivism.org/rev/v3n3/3378.pdf>
- Chater, N., Felin, T., Funder, D.C. *et al.* (2018). “Mind, rationality, and cognition: An interdisciplinary debate”. *Psychon Bull Rev*, 25, pp. 793-826. Disponible en: <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1333-5>
- Coibion, Olivier, Yuriy Gorodnichenko y Rupal Kamdar (2017). “The Formation of Expectations, Inflation and the Phillips Curve”, *Journal of Economic Literature*, vol. 56, núm. 4, diciembre de 2018.
- Corzo, O. (2016). Programas sobre la eficiencia energética del sector transporte. México: ADHOC Consultores Asociados. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103046/Transporte.pdf>

- Davis, M. (1984). *Profile of Benoit B. Mandelbrot*. Connecticut: Yale, University. Disponible en: https://users.math.yale.edu/mandelbrot/web_pdfs/profile.pdf
- Daza, H. (2010). “La sociedad moderna”. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, pp. 61-83. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/177/17731129004.pdf>
- De Andrade Silva Leal, Erika (2017). *Incerteza, expectativas e instabilidade: algumas considerações de natureza Pós-keynesiana*, Tese de Graduação, Mestre em Economia, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Universidade Federal do Espírito, Brasil.
- Dées, S. y Zimic, S. (2016). “Animal spirits, fundamental factors and business cycle fluctuations”, European Central Bank, Working paper series No. 1953, agosto de 2016.
- del Rey, J. (2010). “Las formas fractales”, Madrid: Universidad de Mayores Experiencia Recíproca, pp. 1-82. Disponible en: http://umer.es/wp-content/uploads/2015/05/n62_las_formas_fractales.pdf
- Díaz, A. (2008). “Algunas consideraciones sobre el uso de técnicas fractales en el análisis del mercado accionario bursátil mexicano”. *Contaduría y administración*, (224), pp. 35-57. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422008000100003
- Farmer, Roger E. A. y Konstantin Platonov (2019). “Animal spirits in a monetary model”, *European Economic Review*, 115, num. C, junio de 2019.
- Flores, M., Agual, F. y Camino, M. (2018). “Análisis de la higiene laboral y sus repercusiones en el mercado La Dolorosa del Cantón Milagro”. Observatorio de la Economía Latinoamericana, pp. 1-21. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/11/higiene-laboral-mercado.zip>
- González, A. (2013). Estudio sobre el mercado aéreo de transporte de pasajeros en Latinoamérica. México: Regional Competition Center. Disponible en: <http://www.fne.gob.cl/wpcontent/uploads/2013/09/Airport-Study-260212-CRCAL.pdf>
- Hernández, N. y Avilán, N. (2016). “Estimación del exponente de Hurst y la dimensión fractal del petróleo: caso wti”. *Ingeciencia*,

- pp. 25-31. Disponible en: http://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingenieria/article/view/307/274
- Ibarra, M. (2016). “Higiene y salud urbana en la mirada de médicos, arquitectos y urbanistas durante la primera mitad del siglo xx”. *Revista Médica Chile*, pp. 116-123. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v144n1/art15.pdf>
- Inegi (31 de diciembre de 2018). “PIB por entidad federativa (PIBE). Base 2013”, Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/default.html# Tabulados> (último acceso: 8 de agosto de 2020).
- Keynes, Maynard (1972). *Collected Writings of John Maynard Keynes*, vol. X, 1972.
- Klir, G. J. (2011). “Benoit B. Mandelbrot (1924-2010): The founder of fractal geometry”. *International Journal of General of General Systems*, 40(3), pp. 231-232. doi:10.1080/03081079.2010.548133
- Lina-Reyes, I., Morales-Matamoros, O., Moreno-Escobar, J. J. y Contreras-Troya, T. I. (2019). “Dinámica fractal de niños con trastornos en el aprendizaje en México”. *Científica*, 23(1), pp. 31-41. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265004/index.html>
- López, N., Sterns, D., Pérez, C., González, R., Canto, F. y Barrientos, T. (2020). “Revisión rápida: probabilidad de contagio por infecciones respiratorias agudas en el transporte público y medidas para mitigarlo”. *Salud Pública*, pp. 1-25. Disponible en: <http://www.saludpublica.mx/index.php/spm/issue/view/522>
- Luengas, D., Ardilla, E. y Moreno, J. (2010). “Metodología e interpretación del coeficiente de Hurst”. *Odeon*, pp. 265-290. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Diego_Luengas/publication/228259396_Methodology_and_Interpretation_of_Hurts_Coefficient_Metodologia_En_Interpretacion_Del_Coeficiente_De_Hurts/links/53d83cc90cf2631430c31b27.pdf
- Mandelbrot, B. (1967). “How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension”. *Science*, 156(3775), pp. 636-638. Disponible en: https://users.math.yale.edu/users/mandelbrot/web_pdfs/howLongIsTheCoastOfBritain.pdf

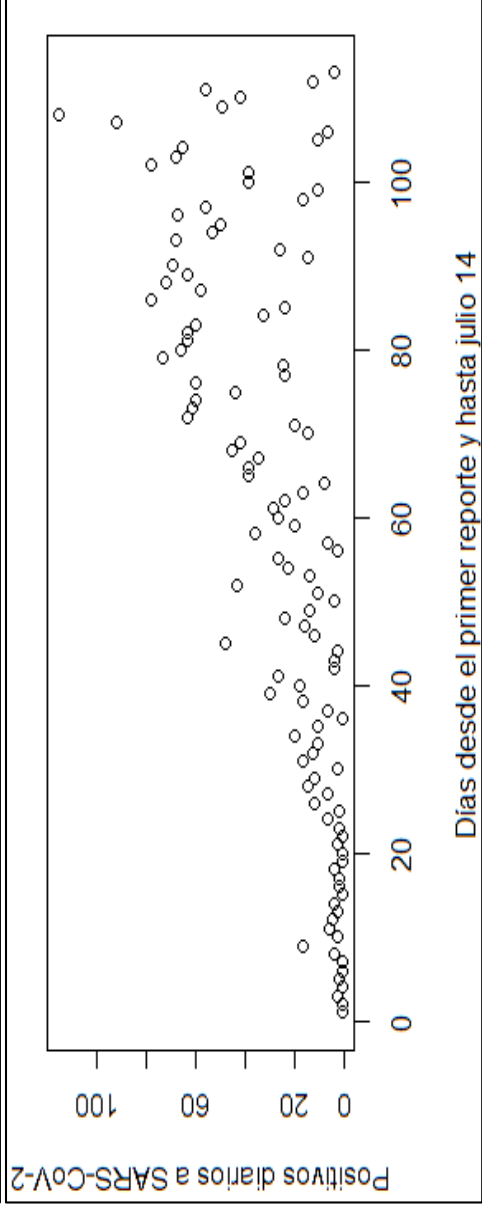
- Marín, I. (2014). “Sobre el infinito y sus dificultades antes de George Cantor y sus obras”. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 1(2), pp. 123-132. Disponible en: <http://search.proquest.com.conricyt.remotexs.co/docview/2150550955?pq-origsite=summon&http://search.proquest.com/technologycollection>
- Mathematics, IBM/Yale University (16 de julio de 2020). “Perfil de Benoit Mandelbrot”. *Google Scholar*. Disponible en: <https://scholar.google.es/citations?user=vZA2pJwAAAAJ&hl=es&oi=ao>
- Morales, J. S. (1998). “El neoliberalismo en México: ¿éxito o fracaso?” *Contaduría y Administración*, 191, pp. 65-74. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/rca/191/RCA19105.pdf>
- Núñez, G. (2007). Reseña del libro de Benoît Mandelbrot (con la colaboración de Richard L. Hudson), *Fractales y finanzas. Una aproximación matemática a los mercados: arriesgar, perder y ganar*. En *Revista de Historia Industrial*, pp. 225-228. Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/HistoriaIndustrial/article/viewFile/78222/102175>
- O’Connell, P. E., Koutsoyiannis, D., Lins, H. F., Markonis, Y., Montanari, A. y Cohn, T. (2016). “The scientific legacy of Harold Edwin Hurst (1880-1978)”. *Hydrological Sciences Journal: Facets of Uncertainty*, 61(9), pp. 1571-1590. doi:10.1080/02626667.2015.11
- Plazas, L., Ávila, M. y Moncada, G. (2014). “Estimación del exponente de Hurst y dimensión fractal para el análisis de series de tiempo de absorbancia uv-vis”. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 24(2), pp. 133-143. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/911/91132760008.pdf>
- Quezada, A. (2005). “Fractales, más allá de 1D, 2D o 3D”. *Revista Digital Universitaria*, pp. 2-14. Disponible en: http://www.revista.unam.mx/vol.6/num12/art119/dic_art119.pdf
- Sánchez, C. H. (2012). “La historia como recurso didáctico: el caso de los Elementos de Euclides”. *Tecné, Episteme y Didaxis*, pp. 71-92. Disponible en: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/download/1860/1836>

- Secretaría de Salud (15 de julio de 2020a). Datos Abiertos-Dirección General de Epidemiología. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127>
- Shyam Gouri Suresh y Mark Setterfield (2015). “Firm performance, macroeconomic conditions, and ‘animal spirits’ in a Post Keynesian model of aggregate fluctuations”. *Journal of Post Keynesian Economics*, 38(1).
- Sienra, G. (2008). “Fractales y dinámica: imágenes en la matemática”. *Ciencia*, pp. 34-44. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/59_3/PDF/05-637-Fractales.pdf
- Spinadel, V. W. (2009). “Geometría fractal y geometría euclidiana”. *Educación y pedagogía*, pp. 85-91. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/5945/5355>
- Sprohnlé, F., Lambarri, M. y Lara, I. S. (1997). “Descripciones fractales de procesos inferenciales en niños durante la creación de hipótesis tendientes a la solución de problemas”. *Revista de Psicología*, pp. 123-138. Disponible en: <https://nuevosfoliosbioetica.uchile.cl/index.php/RDP/article/download/18651/19735>
- Sutcliffe, J., Hurst, S., Awadallah, A. G., Brown, E. y Hamed, K. (2016). “Harold Edwin Hurst: The Nile and Egypt, past and future”. *Hydrological Sciences Journal: Facets of Uncertainty*, 61(9), pp. 1557-1570. doi:10.1080/02626667.2015.1019508
- Tié, F. R. (2007). “La hipótesis fractal como marco para la investigación de los mercados financieros: aplicación del análisis R/S al caso español”. XIX Congreso anual y XV Congreso Hispano, pp. 1-13. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2471418.pdf>
- Valdez, R. y Olivares, E. (1998). “Geometría fractal en la ciencia del suelo”. *Terra Latinoamericana*, 16(3), pp. 277-288. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573/57316>
- Winslow, E. G. (1986), “Human logic and Keynes’s economics”, *Eastern Economic Journal*, 12(4), pp. 413-430. Disponible en: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eej:eeconj:v:12:y:1986:i:4:p:413-430>.

Anexo: datos y estimación del exponente de Hurst por estado

Aguascalientes

```
> agua
[1] 1 1 3 1 2 1 1 4 17 3 6 5 3 4 1 2 2 4 1
[20] 1 3 1 2 7 2 12 7 15 12 3 17 13 11 20 11 1 7 17
[39] 30 18 27 4 4 3 48 12 16 24 14 4 11 43 14 23 27 3 7
[58] 36 20 27 29 24 17 8 39 39 35 45 42 15 20 63 61 60 44 60
[77] 24 25 73 66 63 60 33 24 78 58 72 63 69 15 26 68 53 50
[96] 67 56 17 11 39 39 78 68 65 11 7 92 115 49 42 56 13 4
< hurstexp(agua)
simple R/S Hurst estimation: 0.7861452
```

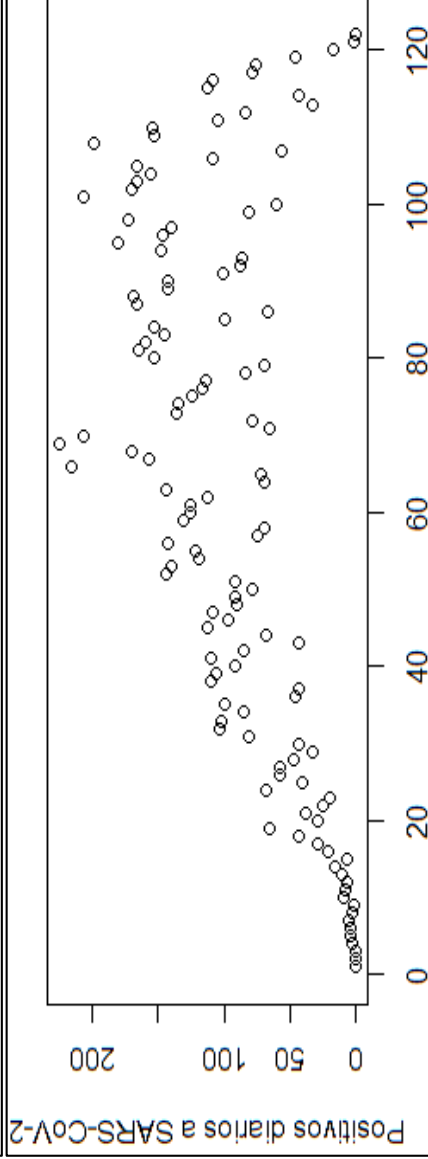


Baja California

```
> baja
[1] 1 1 1 3 4 5 6 3 2 10 9 7 11 16 7 21 29 44 65
[20] 29 38 25 20 68 41 58 58 48 33 44 81 103 102 85 99 46 44 110
[39] 106 92 110 85 44 68 112 97 109 90 91 78 91 144 140 119 122 142 75
[58] 69 131 125 112 143 70 72 215 156 170 224 206 66 78 136 134 124 116
[77] 114 84 70 153 164 159 145 152 100 67 166 168 142 142 101 88 86 148 180
[96] 146 140 172 81 60 206 170 165 155 165 108 57 198 153 154 104 84 33 44
[115] 113 109 78 76 46 18 2 1
```

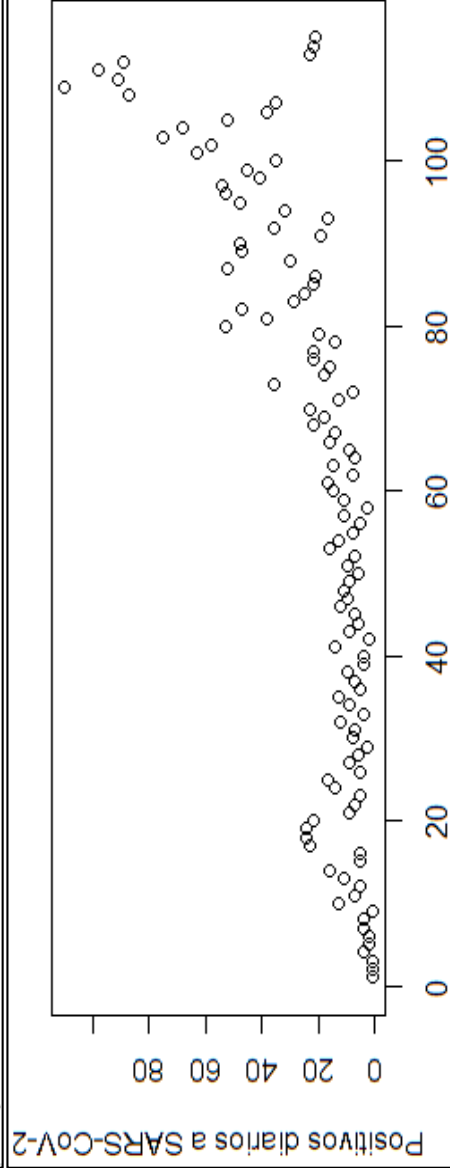
```
> hurstexp(baja)
```

```
Simple R/S Hurst estimation: 0.783913
```



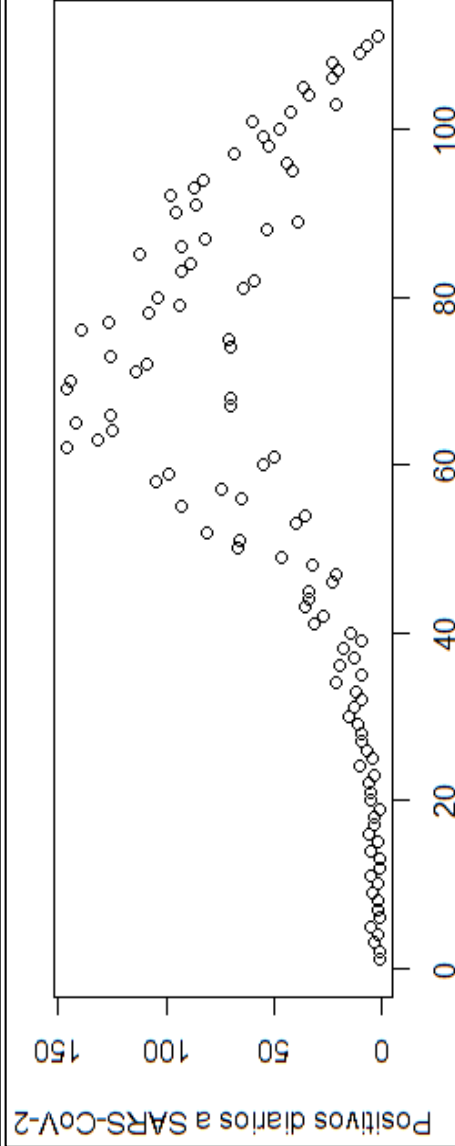
Baja California Sur

```
> bajas
[1] 1 1 1 4 2 2 4 4 1 13 7 5 11 16 5 5 23 24 24
[20] 22 9 7 5 14 17 5 9 6 3 8 7 12 4 9 13 5 7 10
[39] 4 4 14 2 9 6 7 12 10 11 9 6 10 7 16 13 8 5 11
[58] 3 11 15 17 8 15 7 9 16 14 22 18 23 13 8 36 18 16 22
[77] 22 14 20 53 38 47 29 25 22 21 52 30 47 48 19 36 17 32 48
[96] 53 54 41 45 35 63 58 75 68 52 38 35 87 110 91 98 89 23 22
[115] 21
> hurstexp(bajas)
simple R/S Hurst estimation: 0.7817679
```



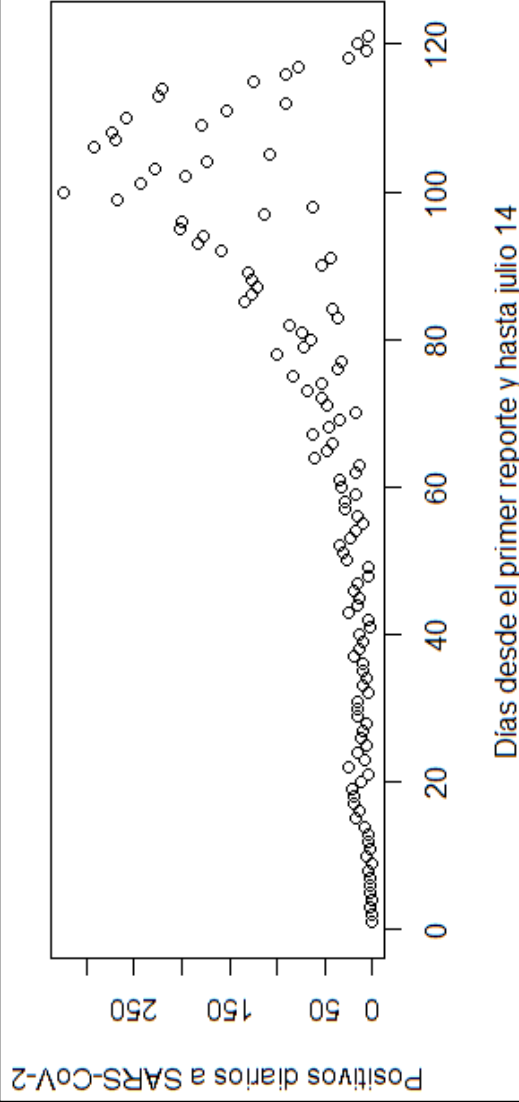
Chiapas

```
> chia
[1] 1 1 3 2 5 1 2 2 4 2 5 1 1 5 2 6 3 3 1 1
[20] 5 5 6 3 10 4 7 9 11 15 13 9 12 21 9 19 13 18
[39] 9 14 31 27 35 34 34 23 21 32 46 67 66 81 40 35 93 65 74
[58] 105 99 55 50 146 132 125 142 126 70 70 146 144 114 109 126 70 71 139
[77] 127 108 94 104 64 59 93 89 112 93 82 53 39 95 86 98 87 83 41
[96] 44 68 52 55 47 60 42 21 34 36 23 20 23 10 7 2
> hurstexp(chia)
simple R/S Hurst estimation: 0.8150351
```



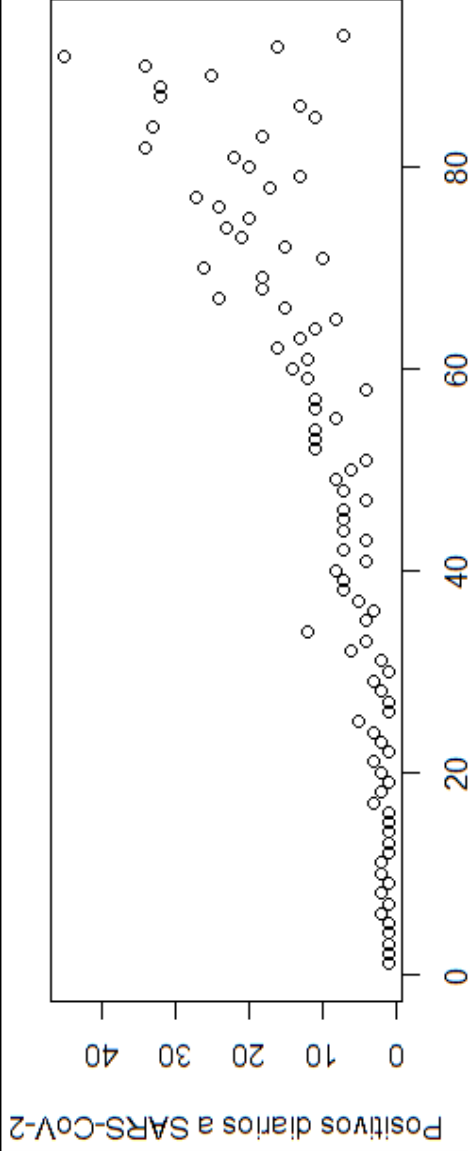
Coahuila

```
> coah
[1] 1 2 1 2 1 2 2 2 3 3 4 4 1 6 3 3 4 4 8 18 14 19 19 21
[20] 11 4 25 8 16 6 11 9 6 15 16 5 9 6 9 9 19 14
[39] 9 13 3 4 24 16 13 19 15 5 5 26 31 34 23 18 9 15 29
[58] 29 17 32 35 17 13 61 47 42 63 45 35 17 47 54 69 54 84 37
[77] 32 100 72 65 74 87 37 41 134 127 120 126 131 54 43 159 183 177 201
[96] 200 114 63 268 324 243 197 228 173 108 292 270 274 180 258 153 91 224 220
[115] 124 91 77 25 6 16 5
> hurstexp(coah)
simple R/S Hurst estimation: 0.7960289
```



Colima

```
< colfi
[1] 1 1 1 1 1 1 2 1 2 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 3 2 1 2 3 1 2 3 5 1
[27] 1 2 3 1 2 6 4 12 4 3 5 7 7 8 4 7 4 7 7 7 4 7 8 6 4 11
[53] 11 11 8 11 11 4 12 14 12 16 13 11 8 15 24 18 18 26 10 15 21 23 20 24 27 17
[79] 13 20 22 34 18 33 11 13 32 32 25 34 45 16 7
> hurstexp(colfi)
Simple R/S Hurst estimation: 0.7885512
```



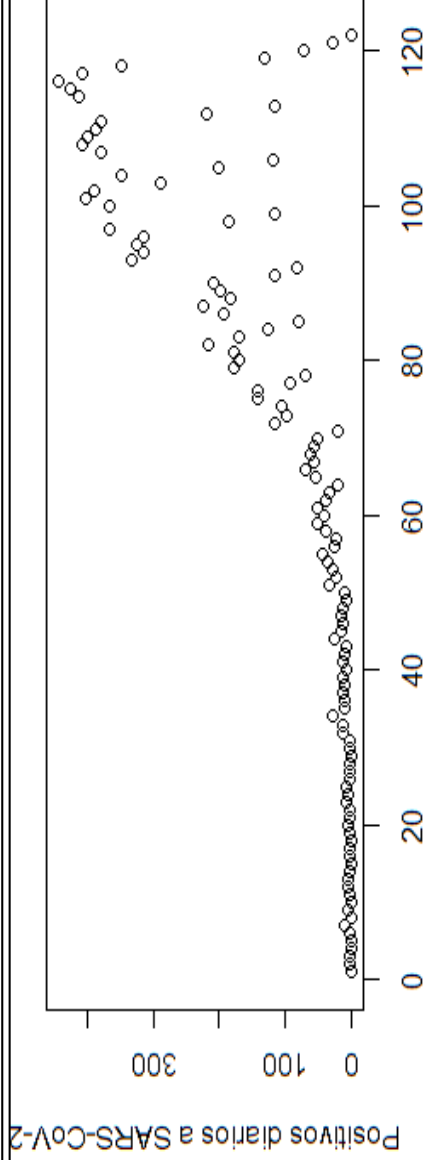
Días desde el primer reporte y hasta julio 14

Guanajuato

```
> guan
[1] 1 2 2 1 1 4 11 1 6 1 4 4 5 4 1 4 2 1 2
[20] 5 3 3 7 6 8 2 2 4 1 4 4 13 14 29 10 10 14 10
[39] 13 9 12 11 7 26 17 14 16 14 9 11 33 23 29 37 43 27 23
[58] 40 53 41 52 38 33 20 55 70 57 61 56 52 21 115 97 106 141 143
[77] 92 69 179 171 178 216 171 126 81 194 225 184 198 210 117 83 332 315 326
[96] 315 367 185 115 365 401 388 288 348 200 118 378 406 399 386 380 219 115 413
[115] 425 443 406 347 132 73 29 1
```

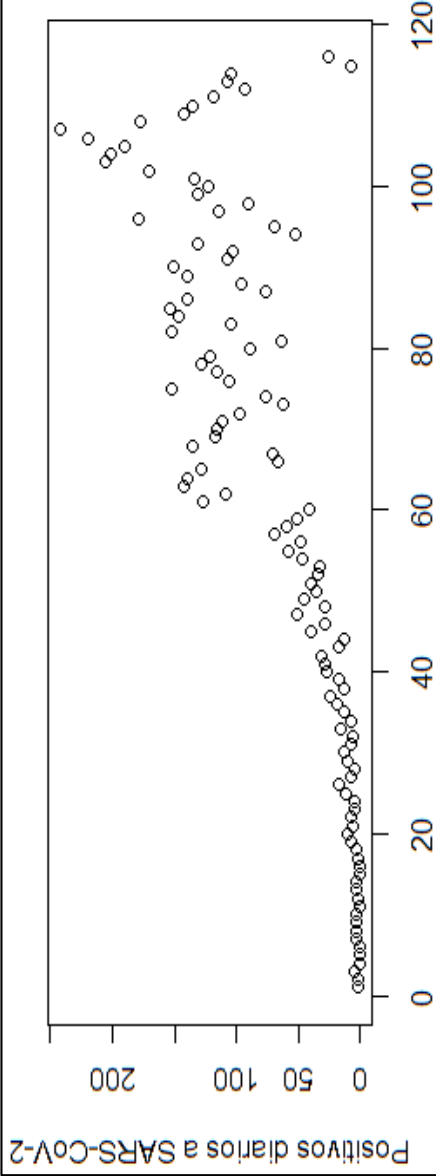
```
> hurstexp(guan)
```

```
Simple R/S Hurst estimation: 0.8091421
```



Guerrero

```
> guer
[1] 2 2 5 1 1 1 3 4 3 3 1 2 4 3 1 2 3 8
[20] 11 6 7 5 12 17 7 5 11 13 8 6 16 7 13 19 25 13
[39] 18 27 29 31 18 13 40 28 51 29 46 36 40 35 33 47 58 48 69
[58] 59 51 41 127 109 142 140 129 67 71 136 117 116 111 97 62 77 152 106
[77] 116 128 121 89 64 152 105 146 154 140 76 96 140 151 108 103 131 53 69
[96] 179 115 90 131 123 134 170 206 201 190 220 242 177 143 136 118 93 108 104
[115] 8 26
> hurstexp(guer)
simple R/S Hurst estimation: 0.8225293
```

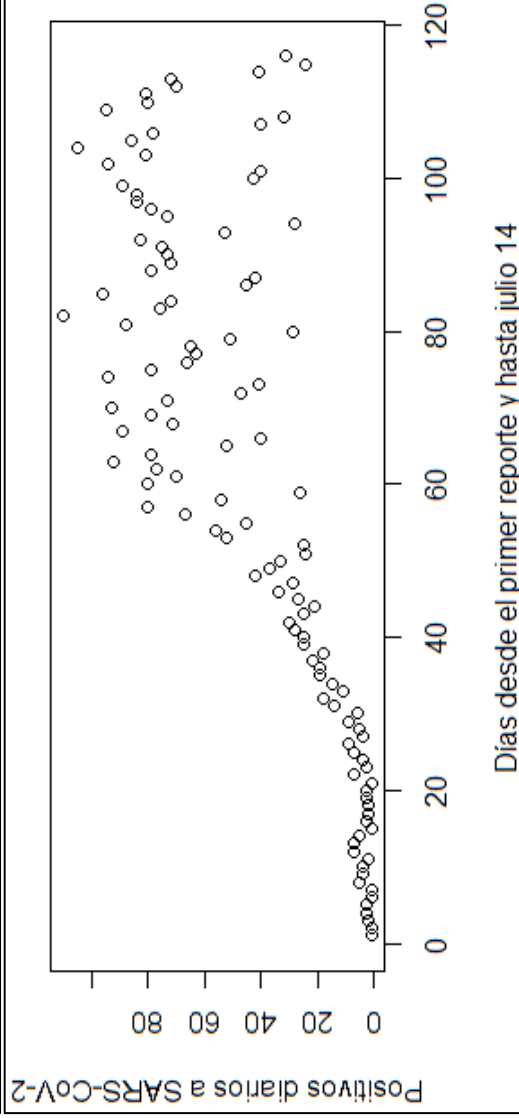


Hidalgo

```
> hida
[1] 1 2 3 3 3 1 1 5 4 4 2 7 7 5 1 3 2 2 3
[20] 3 1 7 3 4 7 9 4 5 9 6 14 18 11 15 19 19 22 18
[39] 25 25 28 30 25 21 27 34 29 42 37 33 24 25 52 56 45 67 80
[58] 54 26 80 70 77 92 79 52 40 89 71 79 93 73 47 41 94 79 66
[77] 63 65 51 29 88 110 76 72 96 45 42 79 72 73 75 83 53 28 73
[96] 79 84 84 89 43 40 94 81 105 86 78 40 32 95 80 81 70 72 41
[115] 24 31
```

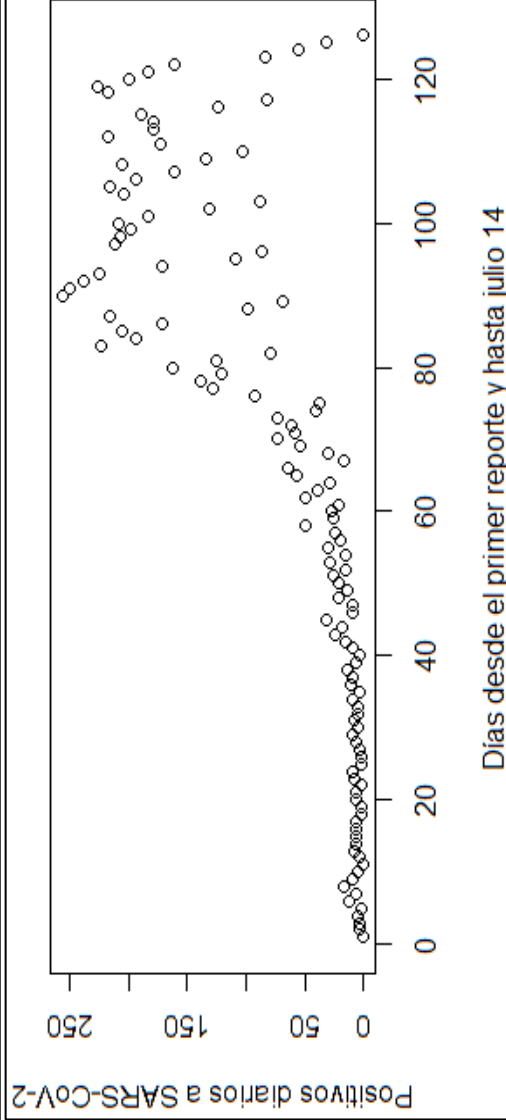
```
> hurstexp(hida)
```

```
Simple R/S Hurst estimation: 0.8192094
```



Jalisco

```
> jalif
[1] 1 3 3 5 2 12 6 17 10 5 1 3 8 7 7 6 7 2 2
[20] 7 7 2 8 10 2 2 4 6 9 5 8 5 5 10 4 11 9 14
[39] 7 3 9 16 25 19 32 9 9 22 14 22 26 15 29 16 30 20 25
[58] 49 26 28 22 50 39 29 57 64 17 31 54 73 59 61 73 41 38 93
[77] 129 139 121 163 126 80 224 194 206 171 216 99 69 256 250 239 225 171 109
[96] 87 211 207 198 209 184 131 88 204 216 194 161 205 134 103 173 217 179 179
[115] 189 124 83 218 227 199 184 161 84 55 32 1
> hurstexp(jalif)
simple R/S Hurst estimation: 0.8278919
```



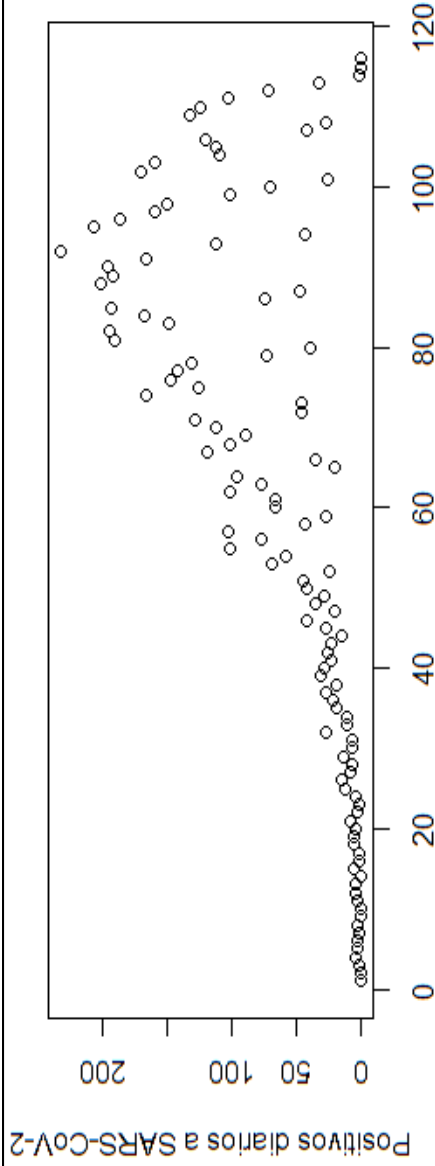
Michoacán

```
> mich
[1] 1 1 2 5 3 3 2 3 1 1 1 3 4 4 1 6 2 2 6 6
[20] 4 9 3 2 4 13 16 9 8 14 7 8 28 12 12 19 22 27 20
[39] 32 29 23 26 24 16 27 43 21 35 29 43 45 25 69 58 101 77 103
[58] 44 27 66 66 101 78 96 21 35 119 101 90 112 129 47 46 166 126 147
[77] 142 131 73 39 190 194 149 168 193 75 48 201 192 196 166 232 112 44 207
[96] 186 160 150 102 71 26 170 159 109 113 120 43 28 132 125 103 72 33 2
[115] 1 1
```

```
> hurstexp(mich)
```

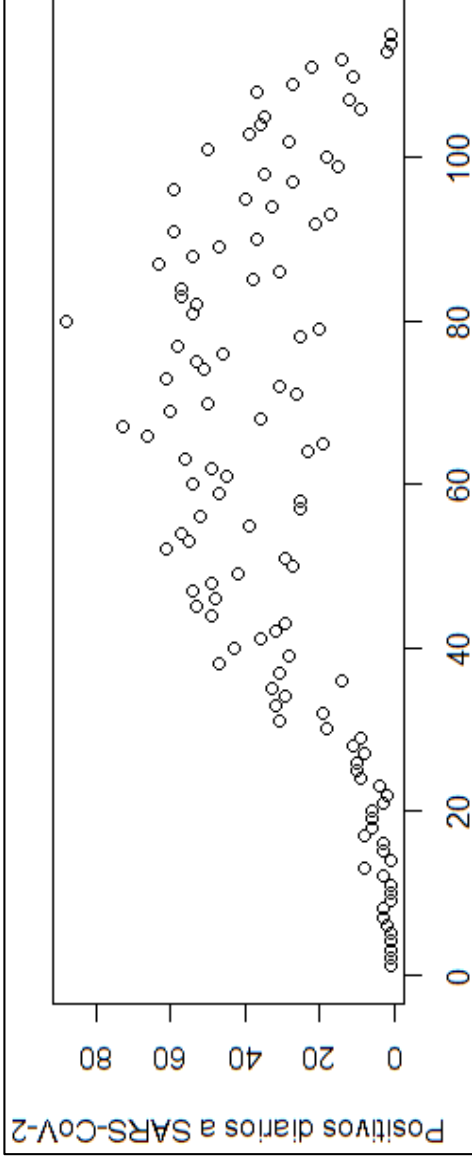
```
simple R/S Hurst estimation:
```

```
0.7963266
```



Morelos

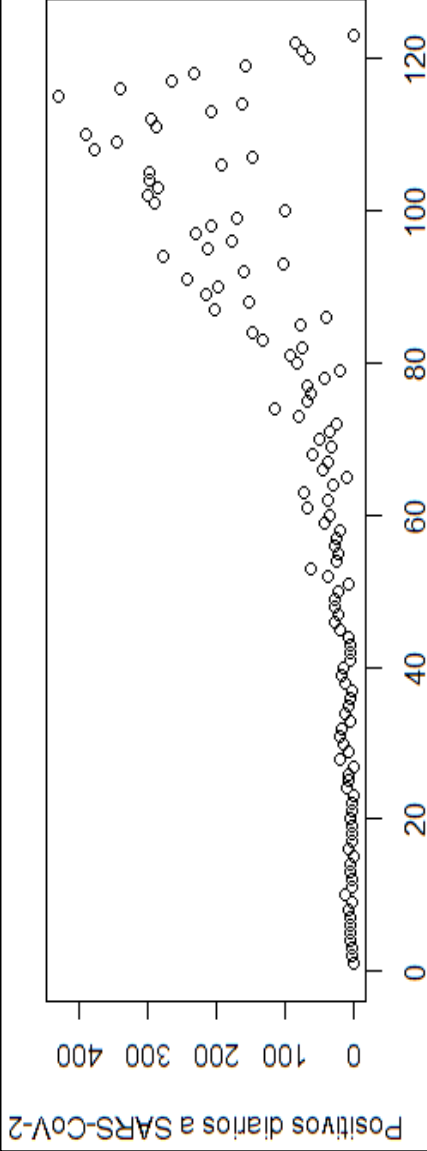
```
< more
[1] 1 1 1 1 2 3 3 1 1 3 8 1 3 3 8 6 6 6 6 3 2 4 9 10 10
[27] 8 11 9 18 31 19 32 29 33 14 31 47 28 43 36 32 29 49 53 48 54 49 42 27 29 61
[53] 55 57 39 52 25 47 54 45 49 56 23 19 66 73 36 60 50 26 31 61 51 53 46 58 25
[79] 20 88 54 53 57 57 38 31 63 54 47 37 59 21 17 33 40 59 27 35 15 18 50 28 39 36
[105] 35 9 12 37 27 11 22 14 2 1 1
< hurstexp(more)
Simple R/s Hurst estimation: 0.7938453
```



Días desde el primer reporte y hasta julio 14

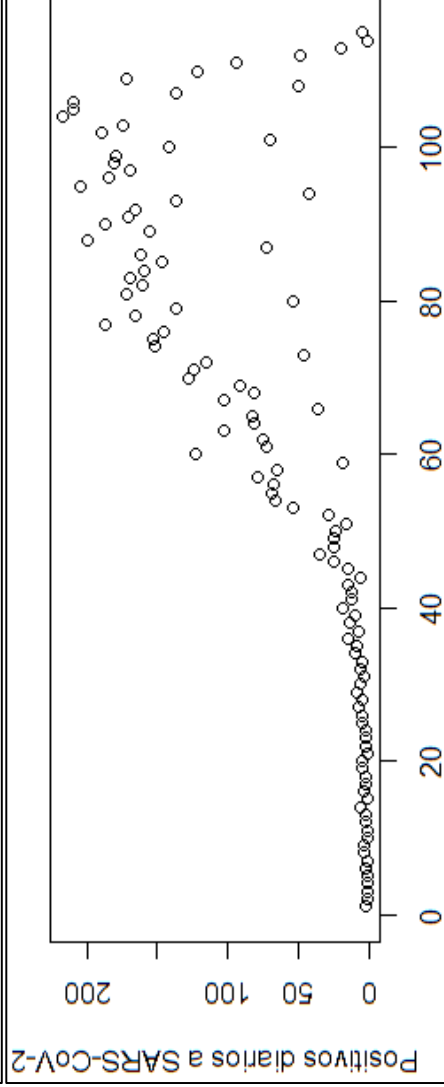
Nuevo León

```
< nuev  
[1] 1 2 4 5 6 6 6 9 4 12 4 4 5 5 1 8 2 3 4  
[20] 5 2 3 1 10 7 9 1 21 8 15 20 18 6 12 9 6 2 12  
[39] 17 16 6 6 5 8 20 27 22 27 22 9 39 62 26 24 29 26  
[58] 21 42 36 67 38 74 30 11 46 39 61 34 50 35 26 80 116 69 64  
[77] 68 42 21 83 94 75 132 147 78 41 202 154 216 198 242 160 103 277 212  
[96] 177 229 208 171 101 290 299 284 297 297 193 149 377 344 390 288 296 207 164  
[115] 430 340 264 233 159 66 76 85 1  
> hurstexp(nuev)  
simple R/S Hurst estimation: 0.8068826
```



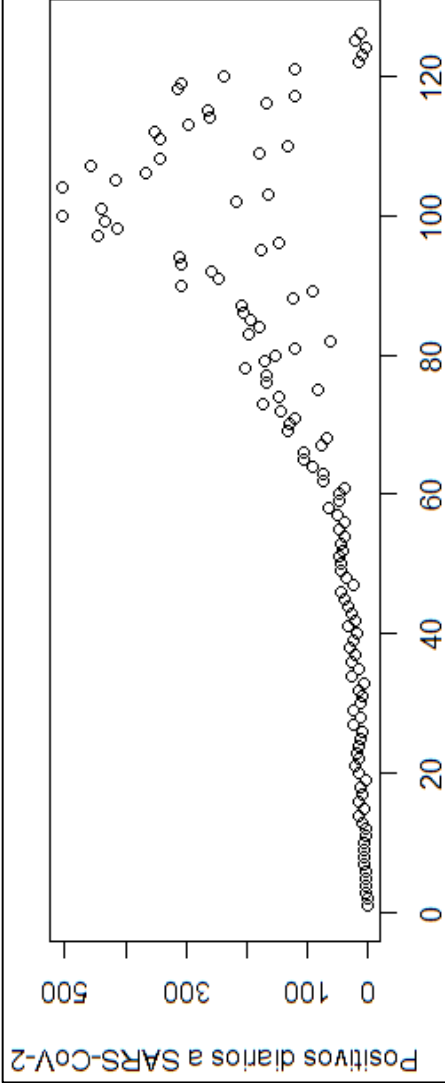
Oaxaca

```
> oax
[1] 2 1 1 1 1 2 1 3 3 1 2 2 1 1 2 2 6 1 3 2 2 5
[20] 5 1 2 2 2 5 4 7 5 8 6 3 6 4 10 8 15 7 13
[39] 9 18 12 12 15 6 15 25 34 24 24 23 16 28 54 66 69 67 79
[58] 65 18 123 73 75 102 81 83 36 102 81 91 128 124 115 46 152 153 145
[77] 187 166 136 54 172 160 169 159 147 162 72 199 156 187 171 165 136 42 205
[96] 184 169 181 179 142 70 190 174 217 209 209 137 50 172 122 94 49 20 1
[115] 5
> hurstexp(oax)
simple R/S Hurst estimation: 0.819452
```



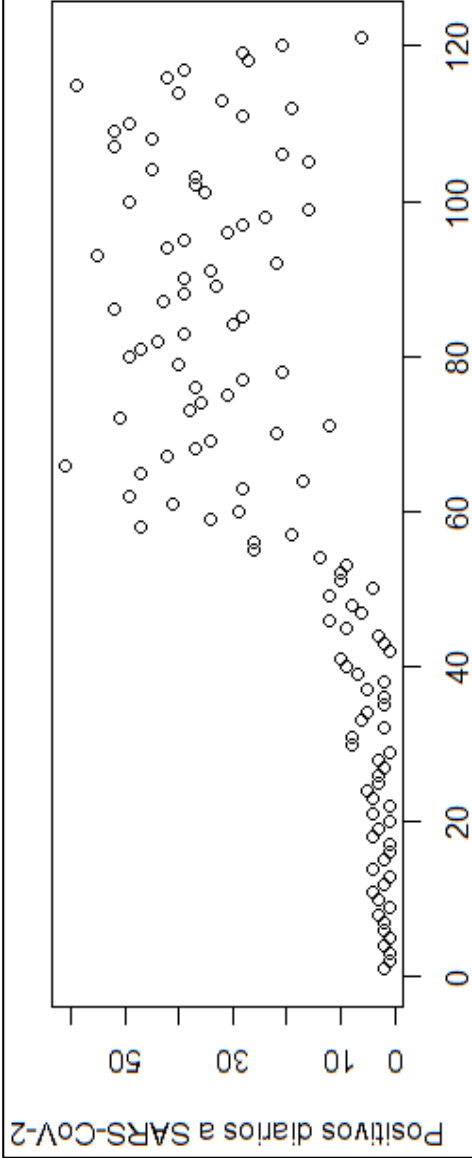
Puebla

```
< pueb
[1] 1 1 4 3 3 2 5 6 7 5 4 2 8 15 6 15 9 13 4
[20] 15 21 16 19 14 11 8 24 13 23 12 8 15 5 27 16 28 21 30
[39] 25 18 31 22 27 32 39 43 24 36 44 44 46 41 43 38 48 37 49
[58] 64 47 48 37 73 72 90 106 105 76 67 131 129 121 145 174 146 81 168
[77] 166 201 169 153 121 63 197 180 195 206 209 124 92 308 246 257 308 310 175
[96] 146 447 414 433 503 439 216 165 504 416 366 457 342 180 133 344 353 297 261
[115] 264 166 119 313 307 238 120 16 9 2 22 13
> hurstexp(pueb)
simple R/s Hurst estimation: 0.8075531
```



Querétaro

```
> quer
[1] 2 1 1 2 1 2 1 2 2 2 3 1 3 4 2 1 4 2 1 1 4 3 1 4 1 4 5 3 3
[27] 2 3 1 8 8 2 6 5 2 2 5 2 7 9 10 1 2 3 9 12 6 8 12 4 10 10
[53] 9 14 26 26 19 47 34 29 41 49 28 17 47 61 42 37 34 22 12 51 38 36 31 37 28 21
[79] 40 49 47 44 39 30 28 52 43 39 33 39 34 22 55 42 39 31 28 24 16 49 35 37 37 45
[105] 16 21 52 45 52 49 28 19 32 40 59 42 39 27 28 21 6
> hurstexp(quer)
simple R/S Hurst estimation: 0.8254312
```



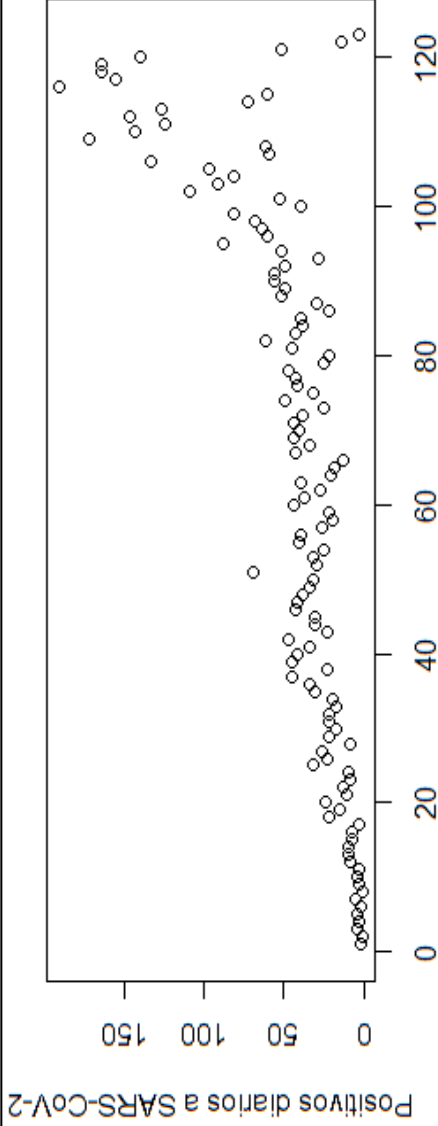
Días desde el primer reporte y hasta julio 14

Quintana Roo

```
> quin
[1] 2 1 4 3 4 2 5 1 3 4 3 8 10 9 7 7 3 22 15
[20] 24 11 13 8 10 32 23 26 8 22 17 22 22 17 20 31 34 45 23
[39] 45 42 34 47 23 31 31 43 42 38 34 32 69 29 32 25 41 39 26
[58] 19 22 44 37 27 39 21 18 13 43 34 44 41 44 38 25 49 32 42
[77] 43 47 25 22 45 62 43 38 39 22 29 52 49 56 49 28 52 88
[96] 61 64 68 82 39 53 109 92 82 97 133 59 62 172 143 125 147 127 73
[115] 61 191 156 165 164 140 52 14 3
```

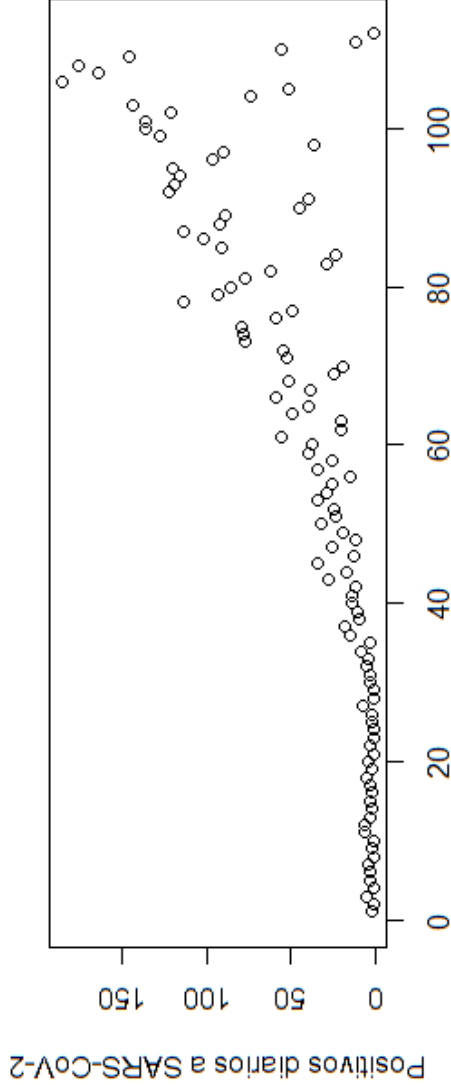
```
> hurstexp(quin)
```

```
Simple R/S Hurst estimation: 0.7698498
```



San Luis Potosí

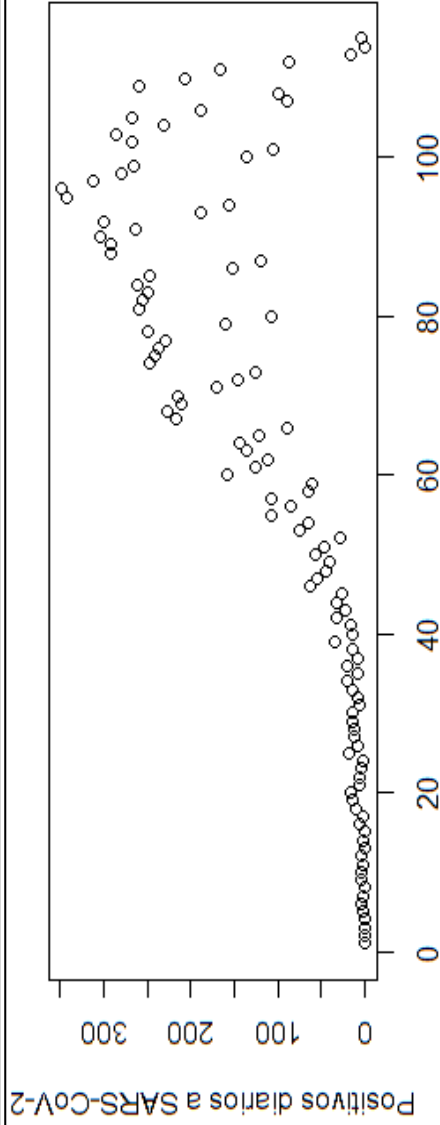
```
> san[  
[1] 2 1 5 1 3 3 4 1 2 1 6 6 3 2 3 2 3 5 2  
[20] 4 1 3 1 1 2 2 7 1 1 3 3 5 4 8 3 15 18 9  
[39] 10 14 11 28 17 34 13 26 12 19 32 23 24 34 29 25 15 34  
[58] 26 39 37 56 20 20 49 39 59 38 51 24 19 52 55 77 78 79 59  
[77] 49 114 93 86 77 62 29 23 91 102 114 92 89 45 40 123 119 116 120  
[96] 97 90 36 128 136 137 121 144 74 51 186 165 176 146 56 12 1  
> hurstexp(san)  
simple R/S Hurst estimation: 0.7990702
```



Dias desde el primer reporte y hasta julio 14

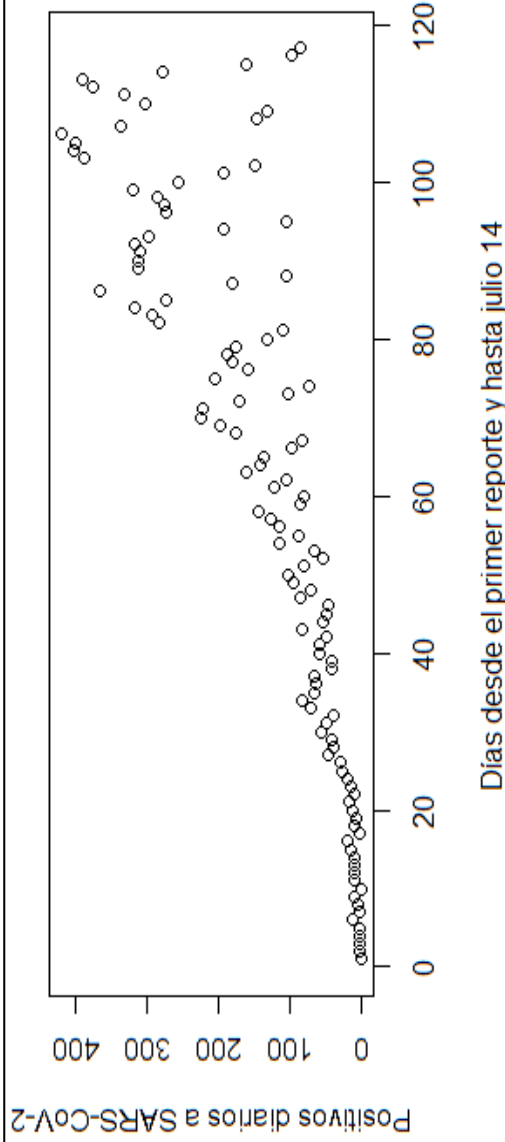
Sonora

```
< sono
[1] 1 1 1 1 3 4 3 1 5 4 2 5 1 3 1 7 2 11 14
[20] 16 6 7 5 3 18 9 13 13 14 14 7 9 14 21 9 20 9 15
[39] 35 15 17 33 23 32 26 64 56 44 40 58 46 29 76 65 108 85 107
[58] 66 61 158 126 112 135 144 121 89 216 226 210 215 170 147 125 248 242 236
[77] 229 249 160 108 259 256 249 261 248 153 119 292 291 304 264 299 189 157 343
[96] 348 312 279 266 135 106 268 286 230 267 189 90 100 259 207 167 88 16 1
[115] 5
> hurstexp(sono)
simple R/S Hurst estimation: 0.8231424
```



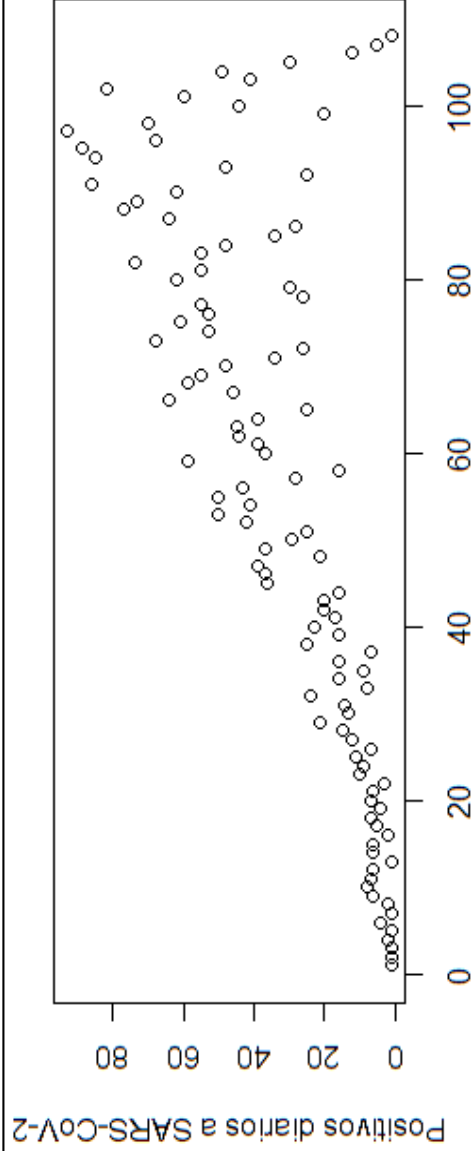
Tabasco

```
> taba
[1] 1 3 2 2 3 12 3 5 11 1 9 10 11 9 15 20 3 9 7
[20] 13 18 11 15 19 27 30 47 39 43 56 48 40 72 84 65 63 65 43
[39] 41 59 58 50 84 54 48 46 85 72 95 104 81 53 65 115 87 116 127
[58] 145 86 80 122 106 162 142 138 97 83 175 197 224 222 171 103 73 205 160
[77] 180 189 177 132 109 284 293 317 274 367 181 105 312 310 318 297 194 105
[96] 274 277 287 319 256 194 149 389 403 401 420 337 146 131 302 333 376 391 278
[115] 162 98 85
> hurstexp(taba)
simple R/s Hurst estimation: 0.8061905
```



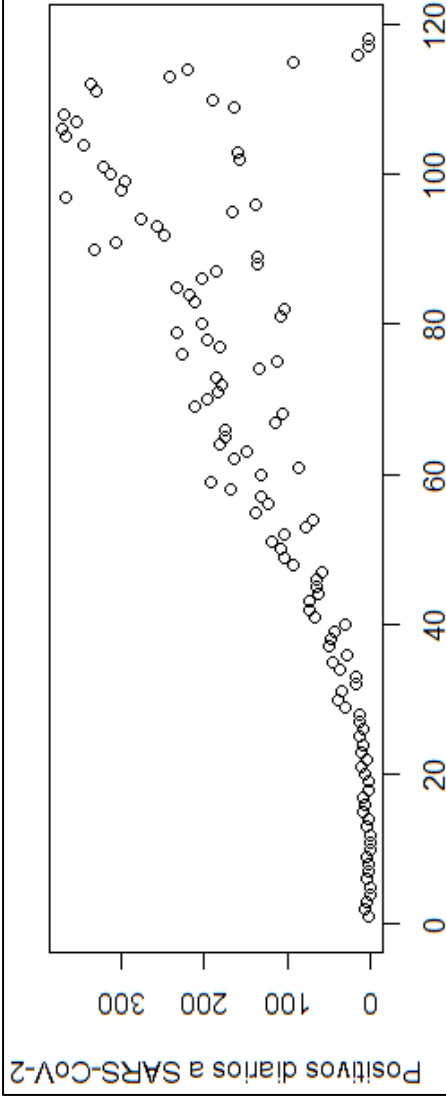
Tlaxcala

```
> t1ax
[1] 1 1 1 2 1 4 1 2 6 8 7 6 1 6 6 2 5 7 4 7 6 3 10 9 11 7
[27] 12 15 21 13 14 24 8 16 9 16 7 25 16 23 17 20 20 16 36 37 39 21 37 29 25 42
[53] 50 41 50 43 28 16 59 37 39 44 45 39 25 64 46 59 55 48 34 26 68 53 61 53 55 26
[79] 30 62 55 74 55 48 34 28 64 77 73 62 86 25 48 85 89 68 93 70 20 44 60 82 41 49
[105] 30 12 5 1
> hurstexp(t1ax)
simple R/S Hurst estimation: 0.7998107
```



Veracruz

```
> vera
[1] 2 7 5 1 1 4 2 2 5 1 1 1 1 4 2 10 6 8 2 2
[20] 6 11 5 12 9 14 9 14 13 30 39 35 18 37 46 29 51 48
[39] 44 30 68 74 74 63 66 65 58 94 104 109 120 104 79 70 139 123 131
[58] 169 192 132 87 164 150 181 174 174 115 105 211 196 183 179 185 135 112 227
[77] 182 197 233 204 109 103 212 219 233 202 186 137 136 333 306 248 256 277 166
[96] 138 367 299 296 314 322 158 160 345 366 371 355 370 165 190 331 337 242 220
[115] 93 16 2 2
> hurstexp(vera)
simple R/S Hurst estimation: 0.8120155
```



Yucatán

```
< yuca
[1] 1 4 2 6 2 6 2 6 8 5 8 3 2 4 2 10 4 9 2 9 2
[20] 5 12 13 9 11 4 6 7 18 18 27 12 15 6 7 26 20 22 34
[39] 33 24 20 37 42 31 60 26 28 30 49 44 34 37 36 19 27 45 52
[58] 59 58 42 32 49 54 52 57 70 61 34 30 53 57 61 60 46 29 25
[77] 58 48 50 44 34 44 35 89 68 75 84 67 41 59 104 97 116 100 111
[96] 94 88 144 153 172 189 140 98 71 191 160 164 152 189 68 70 172 179 163
[115] 183 168 81 78 128 1
> hurstexp(yuca)
Simple R/S Hurst estimation: 0.7921596
```

