

Modelaje de los componentes de tendencia y estacional del SARS-COV2 en la República Bolivariana de Venezuela

Carlos Zavarce Castillo

Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología
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: 28 - 06 - 2020 Fecha de aceptación: 22- 07- 2020

Resumen

A más de cuatro meses de la pandemia que azota al planeta, existe la urgente necesidad de proyectar cómo la transmisión del nuevo SARS-CoV-2 se desarrollará en los meses venideros. En el interés de modelar el comportamiento del SARS-CoV-2 en la República Bolivariana de Venezuela, desde el Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (ONCTI), realizamos análisis estadísticos a objeto de pronosticar con base en los valores de las series de tiempo de contagios de la Covid-19 de

procedencia comunitaria, la Estimación Promedio de Contagios Comunitarios. Dichos análisis han permitido evidenciar que la inédita dinámica de propagación de esta pandemia dependerá de la estacionalidad, la duración en encontrarse una vacuna de inmunidad y de los otros factores como, por ejemplo, la erradicación de procedencia de los contagios de orígenes transnacionales o importados. De allí que, utilizando datos que reflejan el comportamiento del SARS-CoV-2 durante los primeros 120 días de pandemia en la República Bolivariana de Venezuela, medimos cómo

estos factores afectan la transmisión comunitaria. Para ello construimos un modelo matemático que permitió observar el comportamiento de la transmisión de SARS-CoV-2; y proyectamos qué tan recurrentes serán los brotes de SARS-CoV-2 durante las próximas 3 semanas, los cuales probablemente ocurrirán después del brote de la ola pandémica inicial.

Palabras clave: SARS-CoV-2; estacionalidad; tendencia; estacional; serie de tiempo; Covid-19

Modeling the trend and seasonal components of the SARS-COV2 in the Bolivarian Republic of Venezuela

Abstract

More than four months after the start of the pandemic that plagues the planet, there is an urgent need to project how the transmission of the new SARS-CoV-2 will develop in the upcoming months. Intending to model the behavior of SARS-CoV2 in the Bolivarian Republic of Venezuela, the Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología (ONTIC) carried out statistical analysis to forecast based on the values of

the time series of Covid-19 infections of communitarian origin, the Estimate Average of Community Contagions. These analyzes have shown that the unprecedented spread's dynamics of this pandemic will depend on seasonality, the finding of a vaccine, and other factors such as, for example, the eradication of origin of contagions of transnational or imported origin. Hence, using data that reflects the behavior of SARS-CoV2 during the first 120 days of the pandemic in the Bolivarian Re-

public of Venezuela, we measure how these factors affect communitarian transmission. To do this, we built a mathematical model that allowed us to observe the behavior of SARS-CoV-2 transmission, projecting how recurrent outbreaks of SARS-CoV-2 will appear over the next 3 weeks, which are likely to occur after the first wave of the pandemic.

Key words: SARS-CoV2; seasonality; trend; seasonal; time series; Covid-19

Introducción

La pandemia producida por el SARS-CoV-2 e identificada como la COVID-19, ha causado a la fecha más de 14.500.000 casos detectados, de los cuales ya ha cobrado más de 605.000 vidas, con la sola recuperación de 8.100.000 contagiados. Un sostenido proceso de transmisión y rebrotes de casos reportados con foco en Estados Unidos, Brasil y Colombia indican que la pandemia está a punto de convertirse en una catástrofe nacional, dadas las características de la intensidad de su dinámica de transmisión, y de la duración y la urgencia con que deben hacerle frente los sistemas nacionales de salud pública.

Debido a que no hay intervenciones farmacéuticas disponibles o aplicadas universalmente, la población es, en gran medida, muy susceptible de contagio, combinada con la capacidad del virus para transmitirse durante la fase asintomática de infección. Las políticas actuales de salud para limitar la propagación del SARS-CoV-2 giran en torno a la cuarentena social obligatoria, el distanciamiento social de los contagiados y a la suposición de que los pacientes recuperados desarrollan inmunidad protectora.

De allí que las prognosis más fundamentadas indican que la dinámica de transmisión de la pandemia de la Covid-19 dependerá al menos de factores que incluyen el grado de variación estacional en la fuerza de transmisión, y la duración de la inmunidad.

En estas condiciones y dada la relati-

va falta de datos de vigilancia relacionados con el SARS-CoV-2 existente en el mundo sobre el ser humano, no ha sido posible proyectar cómo este virus se transmitirá y se desarrollará en los próximos meses.

Por tanto, en esta oportunidad ampliaremos el análisis al mostrar cómo pronosticar los valores de una serie de tiempo, que tenga a la vez componentes de tendencia y estacional. De allí el interés de estructurar un modelo de simulación que nos permita indagar el efecto estacional y la tendencia del comportamiento de la Covid-19, de forma tal que permita conocer, por ejemplo, el número de contagios en una parroquia de Caracas entre una semana y otra; el número de fallecidos a causa de esta pandemia entre un mes y el anterior en un estado específico del país, o el número de recuperados y/o casos activos entre un día y otro.

Para ello, en este artículo trabajaremos la desestacionalización de la serie de tiempo de la Covid-19 en el país, para luego utilizar un modelo autorregresivo, que permita estimar el comportamiento de las variables a estudiar.

Método

Las series de tiempo están compuestas por factores de tendencia (T) y otro estacional (E), pero no se debe dejar de suponer que pueden intervenir otros factores, como lo es el factor irregular (I). Este incluye todos los efectos aleatorios que no pueden explicarse por la tendencia ni por el factor estacional.

El Valor real de una serie de tiempo puede definirse como el producto de todos los factores antes mencionados:

$$Y = T * E * I$$

Donde T es la tendencia medida en unidades de lo que se está pronosticando, sin embargo, los factores estacionales e irregulares, se miden en términos relativos con valores superiores a 1,00 representa efectos por encima de la tendencia y valores inferiores a 1,00 efecto por debajo. Esta serie de tiempo se estima por esta expresión denominada “Modelo Multiplicativo de la Serie de Tiempo”.

Para evaluar la pertinencia de este Modelo, utilizaremos la serie de datos sobre los contagios comunitarios de la Covid-19 en Venezuela, publicadas por el Observatorio Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (www.oncti.gob.ve).

Pasos:

Paso 1.- Recolectar los datos de los cuatro meses de la Covid-19 en Venezuela sobre los casos comunitarios.

Paso 2.- Calcular los promedios simples semanales. De ello se obtendrán 16 promedios simples.

Paso 3.- Calcular los promedios móviles de orden cuatro, es decir, cada cuatro semanas. Para esto se utilizarán las series semanales, generando cuatro valores de datos en cada promedio móvil. La finalidad de ello es aislar los factores estacionales e irregulares de la serie de tiempo.

Paso 4.- Calcular los Promedios Centrados.

Estos promedios tienden a suavizar tan-

to las fluctuaciones estacionales como las irregulares en la serie de tiempo. Cada valor del promedio móvil centrado representa cuál sería el valor de la serie de tiempo en caso de que no se hubiese dado una influencia estacional e irregular.

Paso 5.- Obtener el efecto estacional e irregular dentro de la serie de tiempo: esta se obtiene al dividir la observación de la serie de tiempo entre el valor correspondiente al promedio móvil centrado.

Paso 6.- Calcular el Índice Estacional.

Paso 7.- Desestacionalización de la serie de tiempo: se obtiene al dividir cada observación de la serie de tiempo por el índice estacional. La finalidad es eliminar el efecto estacional.

Paso 8.- Usar la serie de tiempo desestacionalizada para identificar una tendencia.

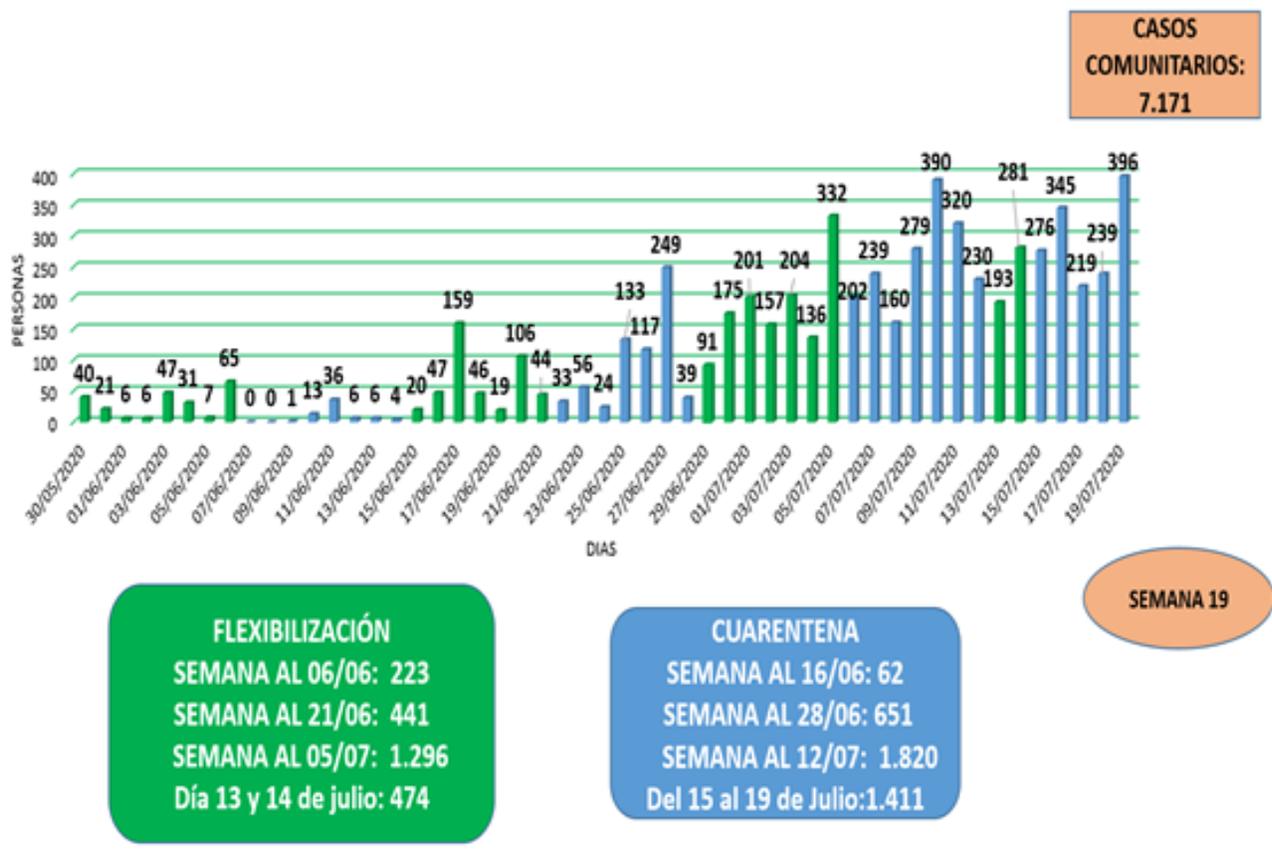
Paso 9.- Realizar los ajustes estacionales.

Paso 10.- Realizar el análisis de regresión de pronósticos.

Resultados

En la Figura 1, podrá observar la serie original de contagios comunitarios y cómo se dividen en semanas de flexibilización y de cuarentena.

Figura 1. Casos comunitarios de la Covid-19, en Venezuela, en semana de flexibilización y en cuarentena al 19 de julio de 2020



Fuente: Elaboración propia de los autores, basados en cifras publicadas por el ONCTI, (2020)

En base a esta serie de tiempo, en la Figura 2, se presenta el resultado de los cálculos realizados a partir de los casos comunitarios de la Covid-19 en Venezuela, a objeto de desestacionalizar la serie de tiempo, la cual nos proporcionará un análisis de regresión simple y/o complejos.

Figura 2. Desestacionalizar la serie de tiempo de la Covid-19 en Venezuela

Mes	Se manas	Contagios Promedios	Promedio Movil	Promedio Movil	Valor Estacional
		Comunitarios	4 semanas	Centrado	Irregular
	1	7,1			
	2	3,1	4,429		
1	3	2,4	6,357	5,393	0,450
	4	5,0	6,000	6,179	0,809
	1	14,9	6,607	6,304	2,357
	2	1,7	5,929	6,268	0,274
2	3	4,9	3,929	4,929	0,986
	4	2,3	5,179	4,554	0,502
	1	6,9	10,250	7,714	0,889
	2	6,7	14,036	12,143	0,553
3	3	25,1	22,607	18,321	1,372
	4	17,4	35,750	29,179	0,597
	1	41,1	66,214	50,982	0,807
	2	59,3	114,899	90,557	0,655
4	3	147,0			
	4	212,2			

Fuente: Elaboración propia de los autores, basados en cifras publicadas por el ONCTI, (2020)

Los valores asociados a la variable denominada “Contagios Promedios Comunitarios” se obtienen al calcular el promedio simple de los contagios semanales, tomando como base, la serie tiempo original; datos éstos que provienen del registro permanente que elabora el ONCTI.

En la siguiente fila se registra el denominado “Promedio Móvil de cuatro (4) semanas”, el cual se obtiene al realizar este cálculo aritmético:

$$\text{Primer Promedio Móvil} = (7,1 + 3,1 + 2,4 + 5,0)/4 = 4,429$$

Dicho promedio representa el número de contagios semanales promedio, incluyendo todas las estaciones correspondientes al mes.

El cálculo del Promedio Móvil para las primeras cuatro semanas nos refleja el número de contagios semanal promedio a través de un mes de la serie de tiempo.

$$\text{El segundo promedio móvil es} = (3,1 + 2,4 + 5,0 + 14,9)/4 = 6,357$$

Y así sucesivamente realizamos los siguientes promedios móviles.

La finalidad de realizar el cálculo del Promedio Móvil, es separar los factores estacional e irregular combinados.

Luego se calcula el “Promedio Móvil Centrado”, para poder suavizar las fluctuaciones estacionales y las irregulares

de la serie de tiempo. Los valores de los promedios móviles para las cuatro semanas no incluyen las fluctuaciones debido a las influencias estacionales, porque se promedió el efecto estacional. Cada valor calculado del Promedio Móvil Centrado representa cuál será el valor de la serie de tiempo en caso de que no hubiera habido influencia estacional o irregular.

Luego se identifica el efecto estacional o irregular de la serie de tiempo, la cual se obtiene al dividir la observación de la serie de tiempo entre el valor correspondiente al Promedio Móvil Centrado.

Como se observa en el Figura 2, la tercera semana del mes 1 muestra el “Valor Estacional Irregular”, que en este caso es de 0,450.

Una vez obtenidos los datos del Va-

lor Estacional Irregular, se procede a ordenarlos por semana de cada mes, es decir, el valor de la tercera semana del primer mes es 0,450; el valor de la tercera semana del segundo mes es 0,986 y el valor de la tercera semana del tercer mes es 1,372. Igualmente, para las cuatro semanas de cada mes.

Cada valor obtenido nos indica la influencia sobre el promedio, si es mayor a 1,00 nos señala que tiene una influencia por encima del promedio y si es menor de 1,00 que tiene una influencia por debajo del promedio.

Las fluctuaciones a lo largo de los tres meses pueden atribuirse al componente irregular, por lo que seguidamente se promedian los Valores Estacionales Irregulares antes calculados para eliminar la influencia irregular, y así obtener una estimación de la influencia estacional de las terceras semanas.

Efecto Estacional de las terceras semanas = $(0,450 + 0,986 + 1,372)/3 = 0,94$

Este efecto estacional es lo que se llama el “Índice Estacional”. La Figura 3 refleja el Índice Estacional de la serie de tiempo de los contagios comunitarios de la Covid-19 en Venezuela para el 2020.

La interpretación de los valores el Índice Estacional nos señala que para las primeras semanas de cada mes hay un incremento mayor al promedio en el número de contagiados de la Covid-19 con un 35% de casos. El resto de las semanas está por debajo del promedio, pero de ellas, las segundas semanas de cada mes nos indica que es más lento en el crecimiento del número de contagios.

Figura 3. Índice estacional de la serie de tiempo de los contagios comunitarios de Covid-19 en Venezuela

Semana	VALORES DEL FACTOR ESTACIONAL IRREGULAR (S_{t_i})			ÍNDICE ESTACIONAL (S_t)
1	2,357	0,889	0,807	1,35
2	0,274	0,553	0,655	0,49
3	0,450	0,986	1,372	0,94
4	0,809	0,502	0,597	0,64

Fuente: Elaboración propia de los autores, (2020)

Desestacionalización de la serie de tiempo

La razón de cálculo de los Índices Estacionales es eliminar los efectos esta-

cionales de la serie de tiempo. Kissler, Tedijanto, Goldstein, Grad, Lipsitch: (2020), denominan este proceso como “Desestacionalización de la serie de tiempo”. Al dividir cada observación

de la serie de tiempo por el índice Estacional correspondiente, eliminamos el factor de la estacionalidad de la serie. (Figura 4)

Figura 4. Valores desestacionalizados para la serie de tiempo de contagios comunitarios del Covid-19. Venezuela, 2020

Mes	Semanas	Contagios Comunitarios (Y_t)	ÍNDICE ESTACIONAL (S_t)	Contagios Desestacionalizados (Y_t / S_t)
1	1	7	1,35	5
	2	3	0,49	6
	3	2	0,94	3
	4	5	0,64	8
2	1	15	1,35	11
	2	2	0,49	3
	3	5	0,94	5
	4	2	0,64	4
3	1	7	1,35	5
	2	7	0,49	14
	3	25	0,94	27
	4	17	0,64	27
4	1	41	1,35	30
	2	59	0,49	120
	3	147	0,94	157
	4	212	0,64	334

Fuente: Elaboración propia de los autores (2020)

Una vez obtenida la serie de tiempo desestacionalizada de los contagios comunitarios de la Covid-19 en Venezuela para el periodo marzo a julio de 2020, se grafica la serie que representa (Figura 5) el comportamiento exponencial que tiene la curva de contagios comunitarios.

Figura 5. Serie de tiempo desestacionalizada de los contagios comunitarios de Covid-19 en Venezuela



Fuente: Elaboración propia de los autores, (2020)

Serie de tiempo desestacionalizadas para identificar las tendencias

Para identificar la tendencia se debe observar la curva de datos y buscar un modelo que logre su mejor estimación. Así, para obtener resultados confiables, eficaces, consistentes y eficientes hay que tener estimadores insesgados y buen intervalo de confianza con sus res-

pectivos niveles de significación y error de estimación.

La Figura 5, muestra que el modelo a adoptar debe ser el modelo exponencial, el cual viene expresado de la siguiente manera:

$$y_t = ae^{bx}$$

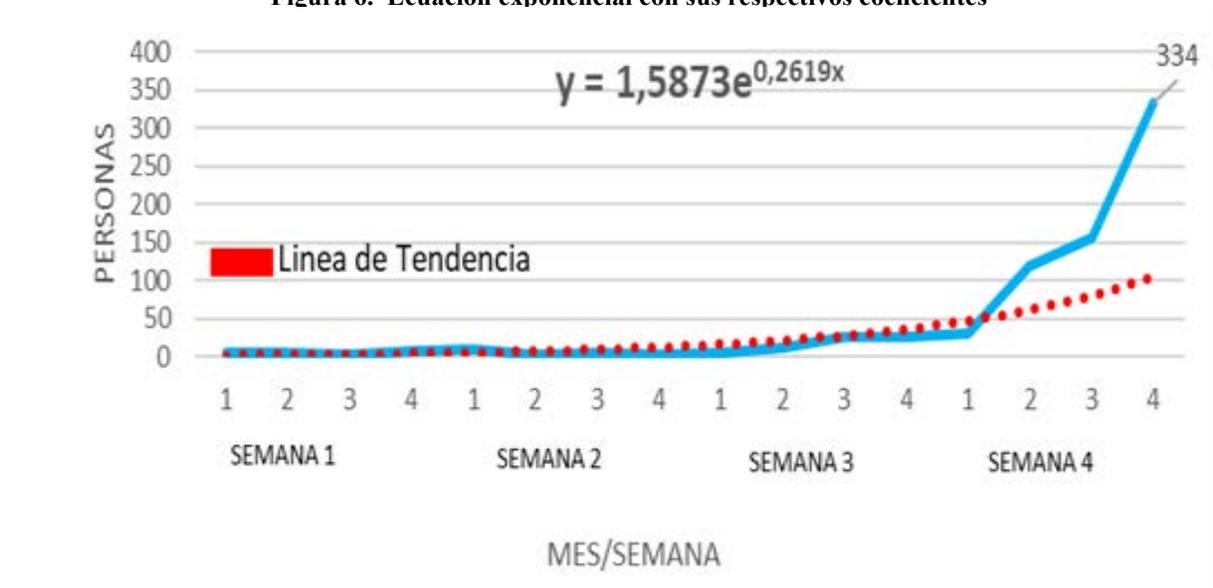
Donde y_t = valor de la tendencia para

los contagios comunitarios de la Covid-19 en el período t.

- a = intercepto de la línea de tendencia
- b = pendiente de la recta

Para estimar se debe conseguir los coeficientes de la ecuación exponencial, luego darle valores a la "X" para obtener la respectiva estimación. En la Figura 6 la ecuación exponencial con sus respectivos coeficientes:

Figura 6. Ecuación exponencial con sus respectivos coeficientes



Fuente: Elaboración propia de los autores, (2020)

La pendiente de la ecuación exponencial es de 0,2619 e indica que durante las últimas 16 semanas el número de contagios ha experimentado un crecimiento promedio desestacionalizado de 248 casos. Si suponemos que la ten-

dencia de las últimas 16 semanas en los datos de contagios es un indicador razonablemente bueno del futuro próximo, entonces se puede utilizar esta ecuación de regresión exponencial, y al sustituir "X" por el valor 17, que nos indica que

es la siguiente semana a la recolección de la data, nos refleja (Figura 7) una cifra de 292 casos en promedio de contagios comunitarios.

Figura 7. Estimación promedio de contagios comunitarios

ESTIMACIÓN	
t	Ye*
17	292

Fuente: Elaboración propia de los autores, (2020)

Con un intervalo de confianza del 95%, se puede inferir que para las próximas semanas el número de contagios comunitarios, en promedio, estará comprendido entre 44 y 540 contagiados.

$$Ic = (x - Z*S < x < x + Z*S) = (44 < X < 540)$$

Donde:

Ic = Intervalo de Confianza

Z = 1,96 (Tabla de la Curva de la Normal)

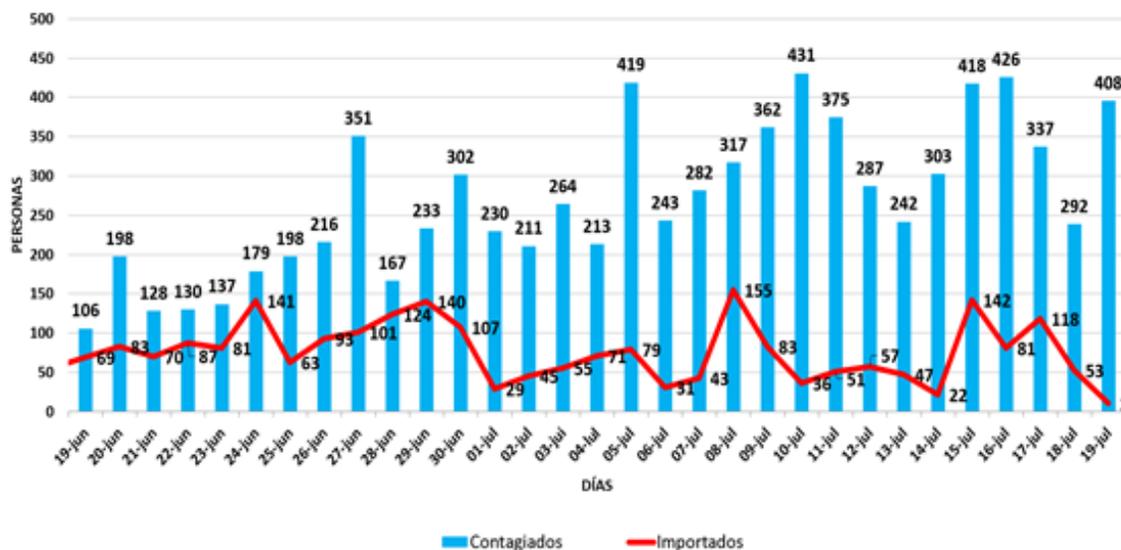
S = Desviación Estándar

X = Valor estimado

Ahora, si calculamos el Intervalo con un 90% de confianza, hallamos que el número de contagiados comunitarios por la Covid-19, para la próxima semana estará comprendido en promedio entre 165 y 418, cifra preocupante porque se observa un aumento de este tipo de contagios.

Por último, se desea comparar la información que nos proporciona el modelo con la publicada o cotejada por el Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación a fin de observar el comportamiento de las series de tiempo. En la Figura 8 se presentan los casos totales de contagios y los casos importados.

Figura 8. Comportamiento de contagiados e importados por la Covid-19, Venezuela, julio 2020



Fuente: Elaboración propia de los autores, basado en cifras publicadas por el ONCTI, (2020)

Ahí se observa la estacionalidad, la tendencia y el factor irregular de la serie de tiempo, así como el comportamiento de los casos importados y su tendencia a la baja, lo que nos indica que en estos momentos hay que identificar muy bien los elementos o variables a estudiar en los casos comunitarios, para así poder inferir sobre los nuevos resultados.

Discusión

Estadísticamente es posible expandir a otro tipo de modelos de pronósticos, basados en regresión, siempre que todas las variables independientes sean valores anteriores a una misma serie de tiempo. Si los valores de la serie de tiempo se identifican como Y_1, Y_2, \dots, Y_n se puede intentar encontrar una ecuación de regresión estimada relacionada con los valores de Y_t más recientes de la serie de tiempo, es decir, $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-n}$.

Los modelos de regresión como los reseñados, donde las variables independientes son los valores anteriores de la serie de tiempo, se conocen como modelos autorregresivos los cuales se pueden proponer buscando una alternativa de pronóstico para los casos de contagiados de la Covid-19.

El modelo de pronóstico empleado demostró los siguientes puntos clave:

En todas las estimaciones realizadas, el SARS-CoV2 es capaz de producir un rebrote sustancial de los casos comunitario sin dependientemente del tiempo establecido.

Con los datos hasta ahora analizados, solo ha sido posible proyectar cómo se transmitirá y se desarrollará el SARS-CoV-2 en las próximas semanas, ya con los modelos de regresión como el aquí utilizado, los pronósticos a mediano y largo plazo tienden a tener mucha dispersión.

La evidencia del estudio indica que la dinámica de los brotes de la Covid-19 durante los próximos días puede comportarse con brotes de pico corto y brotes agudos más esporádicos. Esto indica que el comportamiento estacional parece impulsar el aumento de la transmisibilidad de casos comunitarios al comienzo de las próximas semanas, mientras que el agotamiento de los casos importados juega un papel comparativamente mayor en la disminución de la transmisibilidad hacia el final de este período de estudio.

Cuando vemos nuestros hallazgos a la luz de las acciones de control actuales tomadas por el ejecutivo nacional, está claro que el riesgo del contagio comunitario es clave para la política de salud pública, toda vez que aquí revelamos un riesgo que, en un futuro próximo, luce persistente.

Concluimos infiriendo que, a menos que se logre la producción de una va-

cuna que garantice la inmunidad permanente al SARS-CoV-2, es probable que se entre en un período donde la categoría de contagios comunitarios será sostenida.

Las observaciones hasta aquí expuestas son consistentes con otras predicciones de cómo el brote de SARS-CoV-2 podría desarrollarse, destacando el estudio de modelado utilizando datos de Suecia (Neher, Dyrdak, Druelle, Hodcroft, Albert) donde se descubrió que el establecimiento estacional de la transmisión SARS-CoV-2 es probable en el período pandémico.

Una restricción importante que se hace necesario destacar, es que el modelo de simulación aquí empleado se corresponde con la lógica determinista, por lo que no puede capturar ni menos aún cuantificar con precisión la probabilidad de extinción del SARS-CoV-2, lo cual sin duda dependería de muchos factores para los que actualmente faltan evidencias suficientes.

Finalmente, consideramos que los hallazgos aquí esbozados constituyen piezas clave de información que aún se requieren para saber cómo la Covid-19 se desarrollará en la Venezuela de hoy, y por tanto, podrían indicar si los contagios comunitarios disminuyen o no, y en qué velocidad.

John Wiley & Sons, INC., Publication.

Kissler S, Tedijanto C, Goldstein E, Grad Y, Lipsitch M. (2020). Projecting the transmission dynamics of Covid19 through the postpandemic period. Science.

Lauer S, Grantz K, Bi Q, Jones F, Zheng Q, Meredith H, Azman A, Reich N, Lessler J, (2020). The incubation period of 2019-nCoV from publicly reported confirmed cases: estimation and application. medRxiv.

Neher, R. ; Dyrdak R. ; Druelle, V. ; Hodcroft, E. ; Albert, J. (2020): Impact of seasonal forcing on a potential SARS-CoV-2 pandemic. medRxiv.

Wallinga, J. ; Lipsitch, M. (2007). How generation intervals shape the relationship between growth rates and reproductive numbers. Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 274, 599–604

Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, ONCTI. (2020). Recuperado el 19 -07-2020 en: <http://www.oncti.gob.ve/INDICADORES.htm> l

Referencias

George E. P. Box Gwilym M. Jenkins
Gregory C. Reinsel, (2018). Time
Series Analysis Forecasting and
control Fourth Edition Wiley A