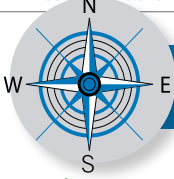


Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional



Contrapunto

Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

Mamerto Reyes Hernández¹
Lesbia Calderón Aguirre²

Resumen

Durante los primeros 78 días de la epidemia por Coronavirus COVID-19 en Guatemala, la curva de población infectada ha mostrado cinco etapas de crecimiento, con tasas que en las primeras tres etapas acusaron una tendencia decreciente, sin embargo, en la etapa 4 la tasa recuperó el ritmo que traía en la segunda etapa y, en la etapa 5, recuperó el ritmo que traía en la tercera. Las tasas de crecimiento exponencial natural son de 0.1413 para la etapa 1; de 0.0851 para la etapa 2; de 0.0525 para la etapa 3, de 0.0803 para la etapa 4 y 0.0527 para la etapa 5. Los cambios de tasas de crecimiento requieren aproximadamente dos semanas, lo cual sugiere que las causas que originan los cambios de las tasas impactan en el total infectado dos semanas después que ocurrieron. Las causas que originaron el incremento de la tasa de crecimiento de la población infectada en la etapa 4 parecen estar asociadas al aumento de confianza generado entre las personas por la tendencia decreciente de las tasas de crecimiento y el recorte del toque de queda en dos horas, los cuales motivaron a la gente a salir a las calles. La reducción de la tasa de crecimiento en la etapa 5, sin duda se debe a las nuevas medidas de contención que alargaron el toque de queda.

Palabras clave

Coronavirus, tasa de crecimiento de la infección, confinamiento, Guatemala.

1. Economista agrícola, ex profesor de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos y ex investigador del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) y del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

2. Médica Veterinaria, profesora de avicultura y anatomía y fisiología animal del Centro Universitario de Zacapa (Cunzac), Universidad de San Carlos y ex investigadora del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).



Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

Abstract

During the first 78 days of the COVID-19 coronavirus epidemic in Guatemala, the infected population curve has shown five stages of growth, with rates that in the first three stages showed a decreasing trend, however, in stage 4, the rate recovered the rhythm that it brought in the second stage and in stage 5, recovered the rhythm that it brought in the third. Natural exponential growth rates are 0.1413 for stage 1; 0.0851 for stage 2; 0.0525 for stage 3, 0.0803 for stage 4, and 0.0527 for stage 5. Changes in growth rates require approximately two weeks, suggesting that the causes of changes in rates impact the total infected two weeks after they occurred. The causes that led to the increase in the growth rate of the infected population in stage 4 seem to be associated with the increase in confidence generated among people due to the decreasing trend in growth rates and the reduction of the curfew in two hours, which motivated people to take to the streets. The reduction in the growth rate in stage 5 is undoubtedly due to new containment measures that lengthened the curfew.

Keywords

Coronavirus, infection growth rate, lockdown, Guatemala.

1. Introducción

La principal vía de contagio del Coronavirus, COVID-19, es por contacto de persona a persona. La propagación de la enfermedad se produce a través de las microgotas o gotículas que despiden la nariz o la boca de una persona infectada al hablar, toser o estornudar. Una persona puede contraer el virus si inhala las gotículas procedentes de una persona infectada. Por otro lado, estas gotículas son relativamente pesadas y caen rápidamente al suelo, pero también pueden caer en objetos y superficies que rodean al sujeto infectado. Luego terceras personas pueden tocarlos e infectarse si posteriormente se tocan los ojos, nariz o boca (CDC, 2020).

Como la principal vía de contagio es de persona a persona y, en ausencia de vacunas, la manera directa de combatirla es con medidas que eviten que las personas se contagien unas a otras (uso de mascarillas, aislamiento social, autoconfinamiento, hos-

Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

pitalización de los infectados, etc.). Si esto se practica con disciplina, un territorio queda libre del virus. Pero si la infección continua, puede deberse a que nuevos casos externos están entrando al territorio o que los habitantes del mismo no han practicado las medidas con la rigurosidad requerida o por ambas razones. En Guatemala están ocurriendo estos dos procesos. Permanentemente están entrando deportados procedentes de Estados Unidos e ingresando personas por puntos ciegos en las fronteras que el país tiene con México, Belice, Honduras y El Salvador. Por otro lado, por el alto tráfico de automóviles en las calles y de aglomeraciones de personas en mercados y para ingresar a bancos y supermercados, se infiere que las personas no han estado practicando con rigurosidad las medidas de distanciamiento social y autoconfinamiento decretadas.

Los resultados de estos procesos se perciben en la evolución de la población infectada. La curva de población infectada no es una gráfica de la evolución natural de la enfermedad, ella resulta del avance de la enfermedad frente a medidas de contención y de adopción de las mismas por parte de la población y de la entrada de nuevos casos infecciosos

en el territorio nacional. En la figura 1 puede observarse que la población infectada muestra cinco etapas en las cuales creció a ritmos diferentes.

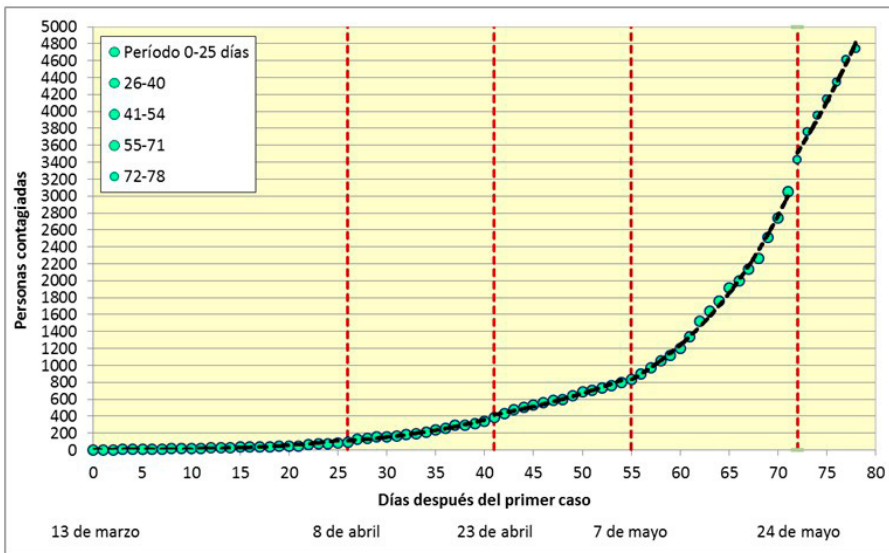
Explicaciones acerca del por qué las personas no cumplen con rigurosidad las medidas de prevención y contención, se puede hacer una lista muy larga, sin embargo, las más aceptables en Guatemala son aquellas asociadas con la necesidad que la población tiene de ganarse el sustento diario. Recuérdese que este país tiene alta proporción de hogares en pobreza derivada de la inequidad existente en la distribución de la tierra, la educación, el ingreso y las oportunidades para generar riqueza, por lo que mucha gente vive al día y no tiene reservas para enfrentar contingencias como la actual, por lo que debe salir diariamente a buscar los recursos para el día-día. Otra explicación, pero con una jerarquía menor es la incredulidad de las personas sobre lo fatal que el COVID-19 pueda resultar y las expectativas favorables generadas por los resultados de las primeras medidas de contención.

En este trabajo se busca determinar las tasas de crecimiento de la población infectada en estas cinco etapas que se observan en

Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
 Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

el período 0-78 días y proponer explicaciones sobre los cambios de esta tasa en la cuarta y quinta etapa de crecimiento.

Figura 1. Evolución de la población infectada por COVID-19, en Guatemala. Día 0 = 13 de marzo de 2020



Fuente: elaboración propia

2. Revisión de literatura

2.1. La función exponencial natural

La función exponencial es aquella función cuya variable independiente es un exponente. La expresión

más simple es,

$$Y = a^X$$

En ese caso se dice que es una función exponencial de base a. De este modo, dependiendo de la base se puede obtener una familia muy grande de funciones exponencia-



Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

les. Dentro de estas se encuentran las que usan como base el número natural $e=718283\dots$. Algunas de estas son,

$$Y=f_1(X)=e^{\lambda X}$$

$$Y=f_2(X)=e^{\lambda r X}$$

$$Y=f_3(X)=A e^{\lambda r X}$$

Estas funciones son denominadas “exponenciales naturales” y son las preferidas en las aplicaciones empíricas. Tienen la notable propiedad de que su primera derivada es la misma función, es decir,

$$dY/dX=e^{\lambda X}=Y$$

En una especificación un poco más compleja, como

$$Y=f_4(X)=e^{\lambda r X}$$

su primera derivada es,

$$dY/dt=e^{\lambda X} r=rY$$

Si X es una variable que representa el tiempo, r se interpreta como la tasa de crecimiento de Y por unidad de tiempo (minuto, hora, día, mes, etc.) (Chiang y Wainwright, 2007).

2.2. Análisis de las tasas de infección por Coronavirus COVID-19

El estudio de la tasa de infección de la población por Coronavirus se ha orientado hacia distintos objetivos, como probar si esta tasa es realmente exponencial, determinar cómo varía en el tiempo e identificar los factores que inciden en ella.

Ma (2019) advierte que la tasa de crecimiento exponencial inicial de una epidemia es una medida importante de la gravedad que esta posea. También está estrechamente relacionada con el número básico de reproducción. Indica que la estimación de la tasa de crecimiento a partir de la curva epidémica puede ser un desafío, debido a que decae con el tiempo. Para epidemias rápidas, la estimación está sujeta a un ajuste excesivo debido al número limitado de datos disponibles, lo que también limita la elección de modelos para la curva de la epidemia.

Omori et al. (2020), por su parte, advierten que la estimación de la tasa de crecimiento de la infección por Coronavirus se encuentra directamente afectada por el

Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

número de pruebas de diagnóstico. Si la capacidad de un país es baja, la cantidad de personas infectadas podría situarse debajo de su verdadero total, así como su tasa de crecimiento.

Reeves (2020) indica que en la etapa temprana de la epidemia por Coronavirus en el Reino Unido, Suecia y otros países europeos, los datos mostraron un patrón subexponencial que predecía un tiempo de duplicación de los casos más largo que el que predecía un modelo exponencial. Sin embargo, en la medida que la enfermedad se diseminó, el modelo exponencial se ajustó más a los datos. Arim et al. (2020) observaron lo mismo en Uruguay, por lo que podría ser un rasgo general de la curva de población infectada.

Lancastl (2020) también advierte que para hacer predicciones son necesarios mejores datos, más pruebas de diagnóstico y una variedad de escenarios, hasta el momento en que surja un consenso desde una perspectiva multimodelo. En particular, advierte sobre el problema de dar mucho peso a modelos que extrapolan las tasas de crecimiento de China. Por otro lado, para probar la efectividad de las medidas de distanciamiento social

usa un modelo exponencial en donde la variable dependiente es la tasa diaria de infección. Luego lo ajusta para cuatro períodos de 10 días de los primeros 40 días de la epidemia en China y con una prueba no paramétrica compara las tasas de crecimiento obtenidas.

Leung et al. (2020) buscaron determinar los factores que inciden en la tasa de la epidemia por Coronavirus, su incidencia y mortalidad. Usaron todos los casos y muertes reportados globalmente por 205 países desde la fecha del primer caso hasta el 2 de mayo de 2020, y examinaron datos climáticos globales contemporáneos al primer caso informado en cada país, así como un conjunto integral de datos demográficos, de salud, geográficos y otros factores. Usaron regresiones simples y múltiples. Encontraron que una temperatura más baja, una humedad relativa más baja, una mayor altitud, una alta prevalencia de obesidad y un mayor número de viajeros aéreos, son predictores clave de la incidencia, mortalidad y la tasa de crecimiento epidémico de COVID-19 a nivel de país. Además, usaron la fuerte asociación de estas variables con la temperatura para generar una estimación de la verdadera fecha de inicio de la epidemia,



Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

revelando que la transmisión comunitaria probablemente comenzó en promedio 1-2 meses antes de la detección del primer caso informado.

3. Metodología

Para estimar las tasas de crecimiento de cada etapa de evolución de la población infectada, dada las pocas observaciones en cada una de ellas, se usó un modelo de regresión con variables binarias para capturar las diferencias en los parámetros que se producen al cambiar de etapa. El modelo empleado es de la familia de las funciones exponenciales naturales y fue el siguiente:

$$Y = Ae^{(\alpha + \beta_1 D_t + \beta_2 E_{(2,t)} + \beta_3 E_{(2,t)} * D_t + \beta_4 E_{(3,t)} + \beta_5 E_{(3,t)} * D_t + \beta_6 E_{(4,t)} + \beta_7 E_{(4,t)} * D_t + \beta_8 E_{(5,t)} + \beta_9 E_{(5,t)} * D_t + u_t) \dots (1)}$$

expresándolo en logaritmos naturales, el modelo que se ajustó, fue

$$\ln Y_t = \alpha + \beta_1 D_t + \beta_2 E_{(2,t)} + \beta_3 E_{(2,t)} * D_t + \beta_4 E_{(3,t)} + \beta_5 E_{(3,t)} * D_t + \beta_6 E_{(4,t)} + \beta_7 E_{(4,t)} * D_t + \beta_8 E_{(5,t)} + \beta_9 E_{(5,t)} * D_t + u_t \dots (2)$$

En donde: Ln es logaritmo natural; Y es la población infectada por

Coronavirus (personas); D es el t-ésimo día del período ($t = 0, 1, 2, \dots, 67$); E_j es la j-ésima variable binaria que identifica a la j-ésima etapa en el período; y u es el componente aleatorio de error.

Las variables binarias E son las siguientes:

$E_{(2,t)}$ Etapa 2. Toma el valor de 1 si se trata de la etapa que va del día 26 al 40 (del 8 al 22 de abril) y 0 si se trata de otra etapa.

$E_{(3,t)}$ Etapa 3. Toma el valor de 1 si se trata de la etapa que va del día 41 al 54 (del 23 de abril al 6 de mayo) y 0 si se trata de otra etapa.

$E_{(4,t)}$ Etapa 4. Toma el valor de 1 si se trata de la etapa que va del día 55 al 71 (del 7 al 23 de mayo) y 0 si se trata de otra etapa.

$E_{(5,t)}$ Etapa 5. Toma el valor de 1 si se trata de la etapa que va del día 72 al 78 (del 24 al 30 de mayo) y 0 si se trata de otra etapa.

Para estimar las tasas de crecimiento de cada etapa, se procede de la manera siguiente:



Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

Si $E_2=E_3=E_4=E_5=0$, la ecuación (2) es igual a:

$\ln Y = \alpha + \beta_1 D_{t+e,t}$, y β_1 es la tasa de crecimiento de la etapa 1 (del día 0 al 25; del 13 de marzo al 7 de abril)

Si $E_2=1$ & $E_3=E_4=E_5=0$, la ecuación (2) es,

$\ln Y = \alpha + \beta_1 D_{t+e,t} + \beta_2 (1) + \beta_3 (1) * D_{t+e,t} = (\alpha + \beta_2) + (\beta_1 + \beta_3) D_{t+u,t}$
y $(\beta_1 + \beta_3)$ es la tasa de crecimiento de la etapa 2

Si $E_3=1$ & $E_2=E_4=E_5=0$, la ecuación (2) es,

$\ln Y = \alpha + \beta_1 D_{t+e,t} + \beta_4 (1) + \beta_5 (1) * D_{t+e,t} = (\alpha + \beta_4) + (\beta_1 + \beta_5) D_{t+u,t}$
y $(\beta_1 + \beta_5)$ es la tasa de crecimiento de la etapa 3

Si $E_4=1$ & $E_2=E_3=E_5=0$, la ecuación (2) es,

$\ln Y = \alpha + \beta_1 D_{t+e,t} + \beta_6 (1) + \beta_7 (1) * D_{t+e,t} = (\alpha + \beta_6) + (\beta_1 + \beta_7) D_{t+u,t}$
y $(\beta_1 + \beta_7)$ es la tasa de crecimiento de la etapa 4

Si $E_5=1$ & $E_2=E_3=E_4=0$, la ecuación (2) es,

$\ln Y = \alpha + \beta_1 D_{t+e,t} + \beta_8 (1) + \beta_9 (1) * D_{t+e,t} = (\alpha + \beta_8) + (\beta_1 + \beta_9) D_{t+u,t}$
y $(\beta_1 + \beta_9)$ es la tasa de crecimiento de la etapa 4

El modelo permite probar las diferencias de las tasas de crecimiento de la etapa 1 (del día 0 al 25) contra las de las otras tres. Esto es,

Ho: $\beta_3=0$
Ha: $\beta_3 \neq 0$ Prueban la diferencia entre las tasas de crecimiento de la población infectada de las etapas 1 y 2

Ho: $\beta_5=0$
Ha: $\beta_5 \neq 0$ Prueban la diferencia entre las tasas de crecimiento de la población infectada de las etapas 1 y 3

Ho: $\beta_7=0$
Ha: $\beta_7 \neq 0$ Prueban la diferencia entre las tasas de crecimiento de la población infectada de las etapas 1 y 4

Ho: $\beta_9=0$
Ha: $\beta_9 \neq 0$ Prueban la diferencia entre las tasas de crecimiento de la población infectada de las etapas 1 y 5

Su estadístico de prueba es $t = \beta_j / S(\beta_j)$ distribuido como t de Student con n-k grados de libertad. En donde n es el número de observaciones en la serie y k es el número de parámetros estimados en la ecuación (2). Su criterio de significancia es si el nivel de probabilidad



Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

de la t de Student es ≤ 0.05 , se rechaza la hipótesis nula.

3. Resultados

Los resultados del ajuste de la ecuación (2) se presentan en el cuadro 1. Puede observarse que la regresión obtenida se ajusta en 98.90% a los datos y de acuerdo a la prueba de F , como relación global es significativamente explicativa del proceso analizado. Esta prueba también indica que se espera que, por lo

menos, uno de los coeficientes de regresión sea diferente de cero. De los coeficientes de regresión que son importantes para probar las diferencias entre la tasa de crecimiento de la etapa 1 respecto a las cuatro restantes ($E2*D$, $E3*D$, $E4*D$ & $E5*D$), se observa que los cuatro son significativamente diferentes de cero (pruebas de t), con lo cual se prueba que las etapas 2, 3, 4 y 5, tienen tasas de crecimiento de la población infectada diferentes de la que se observa en la etapa 1.

Cuadro 1. Ecuación del patrón de evolución de la curva de población infectada por coronavirus Guatemala, 13 de marzo al 30 de mayo de 2020

Variable e indicador	Coefficientes de regresión	Error estándar	Estadístico de t	Significancia
Intercepción	1.1889	0.0879	13.5298	4.3329×10^{-21}
D	0.1413	0.0060	23.4426	1.3918×10^{-34}
E2	1.2847	0.4669	2.7518	0.0076
E2*D	-0.0563	0.0150	-3.7414	0.0004
E3	2.6918	0.7339	3.6678	0.0005
E3*D	-0.0889	0.0164	-5.4079	8.6339×10^{-07}
E4	1.1167	0.7265	1.5371	0.1289
E4*D	-0.0610	0.0129	-4.7281	1.1600×10^{-05}
E5	3.1793	3.2699	0.9723	0.3343
E5*D	-0.0886	0.0440	-2.0142	0.0479
R^2			0.9890	
F_c			687.2318	7.3873×10^{-64}

Fuente: Elaboración propia



Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

Las tasas de crecimiento exponencial son de 0.1413 para la etapa 1; de 0.0851 para la etapa 2; de 0.0525 para la etapa 3; de 0.0803 para la etapa 4 y de 0.0527 para la etapa 5. Las tasas estimadas indican que las medidas tomadas para enfrentar la epidemia nacional por COVID-19 fueron crecientemente efectivas al pasar de la etapa 1 a la 2 y de la 2 a la 3, pero al pasar de la 3 a la 4, la tasa aumentó reduciendo la eficiencia de las medidas de contención, para luego reducirse en la etapa 5, recuperando la eficiencia de estas medidas.

¿Qué fue lo que ocurrió para que la tasa de crecimiento en lugar de reducirse aumentara?, Es muy difícil responder esta pregunta directamente por la ausencia de información detallada de la historia natural de la infección. Desde el caso 79, el gobierno dejó de proveer datos sobre la red de contagio y apenas informan sobre la edad y sexo de los contagiados (Prensa Libre, 2020). Desde ayer 30 de mayo, la página de elPeriódico informa nuevamente los casos por departamento, pero todavía no provee una herramienta para hacer series de tiempo con esta unidad geográfica.

Según indica Reeves (2020) la baja en las tasas es una evolución natural y se presenta aunque no exista un programa de contención de la infección. Sin embargo, en Guatemala si ha existido un programa de este tipo, por lo que la baja de las tasas se puede atribuir a una combinación de la evolución natural y las medidas de contención.

Sobre el ascenso de las tasas de crecimiento, se puede indicar que lo que pudo haber ocurrido fue una baja en el cumplimiento de las normas debido a una mayor confianza que la población adquirió por la tendencia decreciente que mostraban las tasas de infección de la etapa 1 a la 3. Este sentido de seguridad hizo que más personas salieran de sus casas, exponiéndose en las calles. Por otro lado, el aumento de la confianza también se reforzó con el recorte del toque de queda en dos horas, el cual fue anunciado por el presidente el 19 de abril, pocos días antes de que la tasa de crecimiento de la infección se redujera de 0.0851 a 0.0525.

Otra causa probable de la baja en el cumplimiento de las normas fueron las aglomeraciones de las personas en las tiendas,

Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

abarroterías y depósitos de los barrios del viernes, sábado y domingo de la segunda semana de mayo (15, 16 y 17 de mayo), cuando por una disposición sorpresiva del presidente se cerraron mercados y supermercados y sólo se permitió abastecerse en los comercios de barrio en un horario de 7 a 11 AM. Aunque debe indicarse que esta causa sólo vino a reforzar un patrón de crecimiento que ya se había definido desde el 7 de mayo.

Estos cambios en las tasas no se dan inmediatamente, llevan días para mostrar su efecto, es decir, existe un rezago entre la causa y el efecto. Entre los cambios de etapa distan más o menos 15 días, por lo que se puede asumir que el rezago es de dos semanas. Por lo que los impactos de las aglomeraciones del 15, 16 y 17 de mayo estarían registrándose a finales de mayo, sin embargo, con las nuevas medidas (aumento del toque de queda en dos horas de lunes a viernes y toque de queda total los sábados a domingos) la tasa se redujo, lo cual sugiere que su efecto fue mayor que el de las aglomeraciones.

De acuerdo con los hallazgos de Omori et al. (2020) existen otros factores que hacen que las

tasas de crecimiento aumenten, y se deriva del mayor número de pruebas de diagnóstico que requiere un mayor número de casos positivos. Además, cuando el número de casos positivos supera a la capacidad institucional de hacer las pruebas, la curva de infección crece siguiendo un patrón lineal, lo cual también puede deberse al surgimiento de brotes y a limitaciones del sistema para atender los casos.

Durante mayo han ocurrido algunos eventos que sin duda sostuvieron la tasa de la etapa 4, lo cual podría explicarse en los términos de los hallazgos de Emori et al. (2020), aunque el segmento de la curva no es lineal. Por ejemplo, el 12, 13 y 14 de mayo hubo un brote en una fábrica de textiles de San Miguel Petapa (Sapalú, 2020a) y los hospitales nacionales virtualmente han colapsado. Puede citarse que en el hospital Roosevelt están atendiendo casos positivos de coronavirus en carpas (Sapalú, 2020c) y el hospital San Juan de Dios, según sus médicos, está a punto de colapsar (Vásquez, 2020).

Finalmente, algo de lo que no se ha hablado es de los casos que ingresan al territorio nacional por los pasos ciegos en las líneas

Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

fronterizas con los países vecinos. Sobre estos no tenemos ninguna cifra, pero este flujo existe, principalmente por contrabando de hormiga y por el movimiento de migrantes que van hacia Estados Unidos. Por ejemplo, el 22 de mayo el ejército encontró en una aldea de Morales, Izabal, a 25 cubanos y 2 africanos indocumentados (Sapalú, 2020b); el 25 de mayo fue capturada en jurisdicción de Esquipulas, Chiquimula, una fiscal auxiliar del Ministerio Público que con un cómplice llevaban nueve cubanos indocumentados en dos automóviles (Hernández y Escobar, 2020) y el 28 de mayo, la marina de la defensa detuvo en la bahía de Amatique, Izabal, una lancha con 13 hondureños indocumentados que iban con rumbo a Estados Unidos (Paredes, 2020). Este flujo de personas también constituye un factor que acelera las tasas de crecimiento de la población infectada.

4. Conclusiones

Durante los primeros 78 días de la epidemia por Coronavirus COVID-19 en Guatemala, la curva de población infectada ha mostrado cinco etapas de crecimiento, con tasas que en las primeras tres etapas acusaron

una tendencia decreciente, sin embargo, en la etapa 4, la tasa volvió a recuperar el ritmo que traía en la segunda etapa y en la etapa 5 descendió recuperando el ritmo que traía en la etapa 3.

Los cambios de tasas de crecimiento de la segunda, tercera, cuarta y quinta etapas, requirieron aproximadamente dos semanas, lo cual sugiere que las causas que originan los cambios de las tasas impactan en el total infectado dos semanas después que ocurrieron.

Las causas que originaron el crecimiento de la tasa de crecimiento de la población infectada en la etapa 4 parecen estar asociadas al aumento de confianza generado entre las personas por la tendencia decreciente de las tasas de crecimiento y el recorte del toque de queda en dos horas, los cuales motivaron a la gente a salir a la calles. Su sostenimiento puede deberse al pánico generado por el cierre de los supermercados y mercados los días 15, 16 y 17 de mayo, que hizo que la gente se aglomerara en los comercios de barrio (tiendas, abarroterías y depósitos), surgimiento de brotes en fábricas, hospitales y otras unidades de trabajo colectivo y



Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

a algo adicional que sugiere el trabajo de Omori et al. (2020), las limitaciones del sistema para atender la epidemia.

La reducción de la tasa de crecimiento en la etapa 5 se puede atribuir al efecto de las nuevas medidas que aumentaron el toque de queda en dos horas de lunes a viernes y a un toque de queda total los sábados y domingos.

Por ausencia de datos, no encontramos manera de determinar el efecto en la tasa de crecimiento de la población infectada del mayor número de pruebas de diagnóstico, restricciones institucionales para atender los casos positivos y la entrada de emigrantes, pero no debe descartarse como factores que la impactan directamente.

5. Recomendaciones

Las recomendaciones para reducir la infección por COVID-19 son obvias. Quedarse en casa, lavarse las manos las veces que sean necesarias, usar mascarilla al salir de casa, proveerse con tiempo de los suministros para la semana, cumplir con los toques de queda y diagnosticar y hospitalizar a los infectados.

Incrementar y agilizar la distribución de los recursos para los hogares más pobres, aquellos que tienen que salir de sus casas para ganarse los fondos para el día-día. De no intentarse esta vía, este conglomerado social se convertirá en una fuente permanente de contagio.

Los mensajes del presidente para combatir la epidemia deben informarse de modo claro y simple, por ejemplo, usando diapositivas. Deben liberarse recursos que actualmente se usan para gastos superfluos para ampliar la capacidad del sistema nacional de salud para enfrentar la crisis por coronavirus, como aquellos usados para pagar los honorarios de los asesores no médicos en la cartera del ministro y viceministros de Salud Pública (Espina, 2020) y otros del mismo género en otras partes del gobierno.

Deben desarrollarse enfoques alternativos para atender los casos positivos ante el colapso inminente de los hospitales nacionales. Los cuales, desde las reformas de Alvaro Arzú se encuentran muy debilitados.

Algo importante que hay que mejorar es la divulgación de la información detallada de la epidemia. Sin datos nadie puede



Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

hacer mayores análisis. Por lo que se recomienda publicar la información con todos detalles posibles, de manera que se pueda reconstruir la historia natural de cada caso.

Referencias bibliográficas

- Arim, M., Herrera, D., Sanguinetti, I., Pintos, J., Alemán, A., Romero, H., Fariello, M. I. y Botti, H. (2020). *Crecimiento subexponencial de casos confirmados de COVID-19*. Nota Técnica No. 2 del Grupo Uruguayo Interdisciplinario para el Análisis de Datos de COVID-19. Recuperado de https://guiad-covid.github.io/publication/nota2/Nota_2_Crecimiento_Subexponencial_GUIAD-Covid19.pdf
- Chiang, A. C. and Wainwright, K. (2007). *Métodos fundamentales de economía matemática*. México: McGraw-Hill.
- Centros para el Control y Prevención de Enfermedades. (2020). *Cómo se propaga el COVID-19*. Recuperado de <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html>
- Espina, C. (28 de mayo de 2020). "MP investiga planilla del despacho superior del Ministerio de Salud", *el Periódico*, Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/nacion/2020/05/28/mp-investiga-planilla-del-despacho-supe-rior-del-ministerio-de-salud/>
- Hernández, E. y Escobar, I. (25 de mayo de 2020). "Tráfico de personas: Fiscal del MP es detenida con nueve cubanos indocumentados". *Guatevisión*, Recuperado de <https://www.guatelevision.com/nacionales/departamentos/fiscal-del-mp-es-detenido-por-trafico-de-migrantes-cubanos-breaking>
- Lancastl, N. (2020). Is the impact of social distancing on coronavirus growth rates effective across different settings? A non-parametric and local regression approach to test and compare the growth rate. Preprint. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/340563781_Is_the_impact_of_social_distancing_on_coronavirus_growth_rates_effective_across_different_settings_A_non-parametric_and_local_regression_approach_to_test_and_compare_the_growth_rate
<https://doi.org/10.1101/2020.04.07.20049049>
- Leung, N. Y., Bulterys, M. A., & Bulterys, P. L. (2020). *Predictors of COVID-19 incidence, mortality, and epidemic growth rate at the country level*. Preprint. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/341498721_Predictors_of_COVID-19_incidence_mortality_and_epidemic_growth_rate_at_the_country_level
<https://doi.org/10.1101/2020.05.15.20101097>



Mamerto Reyes Hernández ◀ Las tasas de crecimiento de la población infectada por coronavirus
Lesbia Calderón Aguirre en Guatemala en los primeros 78 días de la epidemia nacional

- Ma, J. (2019). "Estimating epidemic exponential growth rate and basic reproduction number". En *Infectious Disease Modelling*, 5: 129 - 141
- Omori, R., Mizumoto, K. & Chowell, G. (2020). "Changes in testing rates could mask the novel coronavirus disease (COVID-19) Growth Rate". *International Journal of Infectious Diseases*, 94: 116 – 118 (Forcoming)
- Paredes, L. (28 de mayo de 2020). "Hallan en Izabal una embarcación con hondureños que intentaba llegar a EE. UU". *elPeriódico*. Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/nacion/2020/05/28/hallan-en-izabal-una-embarcacion-con-hondurenos-que-intentaba-llegar-a-ee-uu/>
- Prensa Libre (23 de mayo de 2020,) Cuántos casos de coronavirus hay en Guatemala. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/casos-de-coronavirus-en-guatemala/>
- Reeves, Colin R. (2020). *Is the Coronavirus Epidemic Exponential?* Preprint May 2020. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/341625167_Is_the_Coronavirus_Epidemic_Exponential
- Sapalú, L. (18 de mayo de 2020a). "Concejo municipal declaró un estado de emergencia en San Miguel Petapa". *elPeriódico*. Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/nacion/2020/05/18/concejo-municipal-declaro-un-estado-de-emergencia-en-san-miguel-petapa/>
- Sapalú, L. (22 de mayo de 2020b) "Hallan a 25 cubanos y dos africanos en Morales, Izabal". *elPeriódico*. Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/nacion/2020/05/22/hallan-a-25-cubanos-y-dos-africanos-en-morales-izabal/>
- Sapalú, L. (27 de mayo de 2020c) "Pacientes de COVID-19 son atendidos en una carpa en el Hospital Roosevelt". *elPeriódico*. Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/nacion/2020/05/27/pacientes-de-covid-19-son-atendidos-en-una-carpa-en-el-hospital-roosevelt2/>
- Vásquez, E. (27 de mayo de 2020) "Médicos piden auxilio ante colapso del Hospital San Juan de Dios". *elPeriódico*, 2020. Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/nacion/2020/05/27/medicos-piden-auxilio-ante-colapso-del-hospital-san-juan-de-dios/>