



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

¿FUNCIONÓ LA SEMAFORIZACIÓN EN ECUADOR?: APLICACIÓN DEL
MÉTODO DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS PARA MÚLTIPLES
PERIODOS.

AUTOR

MARTÍN ELÍAS ORDÓÑEZ OVIEDO

2021



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

¿FUNCIONÓ LA SEMAFORIZACIÓN EN ECUADOR?: APLICACIÓN DEL
MÉTODO DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS PARA MÚLTIPLES
PERIODOS.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos para optar
por el título de Magíster en Econometría.

Autor:
MARTÍN ELÍAS ORDÓÑEZ OVEIDO

Año:
2021

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, ¿FUNCIONÓ LA SEMAFORIZACIÓN EN ECUADOR?: APLICACIÓN DEL MÉTODO DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS PARA MÚLTIPLES PERIODOS, a través de reuniones periódicas con el estudiante Martín Elías Ordóñez Oviedo, en el semestre 202100 orientado sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

María Belén Freire Solorzano

Nombre y apellido

0601381619

Número cédula

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, ¿FUNCIONÓ LA SEMAFORIZACIÓN EN ECUADOR?: APLICACIÓN DEL MÉTODO DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS PARA MÚLTIPLES PERIODOS, del estudiante Martín Elías Ordóñez Oviedo, en el semestre 202100, dando cumplimientos a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Wilson Guzmán

Nombre y apellido

0104457098

Número cédula

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Martín Elías Ordóñez Oviedo.

Nombre y apellido

1723064885

Número cédula

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la sabiduría y el coraje para culminar con éxito este programa. A mi familia, porque gracias a ellos soy he llegado hasta este punto. A mis profesores que durante estos dos años han sabido compartirnos sus conocimientos con los más altos estándares de calidad. A mis amigos de la maestría con quienes compartí largas jornadas de estudio. Y a mi tutora de tesis María Belén Freire que sin su apoyo no hubiera sido posible culminar con acierto este proyecto de investigación.

DEDICATORIA

Dedico mi tesis con todo mi amor y cariño a mi madre Gladys Oviedo y a mi padre Ramiro Ordóñez, que con su esfuerzo y sacrificio diario me han facilitado todos los medios necesarios para que logre esta meta, por guiarme y darme fuerzas para enfrentar cualquier adversidad y seguir adelante con dignidad.

A mi hermano, que fue el apoyo fundamental para mi desarrollo académico, por el tiempo que me dedicó a explicarme pacientemente temas que no eran de mi completo entendimiento.

RESUMEN

A partir de la aparición del virus del COVID-19 y ante el incremento acelerado en la mortalidad que provocó esta enfermedad, la gran mayoría de países del mundo tomaron medidas no farmacéuticas para tratar de frenar el efecto negativo que la pandemia estaba generando en los sistemas de salud pública. Organismos multilaterales y la academia recomendaron el confinamiento comunitario para las primeras fases de la pandemia, y luego, medidas de distanciamiento social para frenar los contagios. En este sentido, esta investigación aprovecha la variación en las políticas de semaforización adoptadas por Ecuador para realizar una evaluación de impacto de relajar las medidas de distanciamiento social en la mortalidad por cada 10.000 habitantes en los cantones de Ecuador. Dentro de los principales hallazgos se encontró un incremento acelerado de la mortalidad en los cantones con poblaciones mas grandes y economías más dinámicas, lo cual se ve reflejado dentro de la estimación estimaciones realizadas. Por otro lado, en los cantones con poblaciones de tamaño medio o pequeñas el incremento en la mortalidad crece después de varias semanas de haber relajado las medidas, sin embargo, el incremento es pequeño en comparación a los cantones grandes. El método que se usó fue el de diferencia en diferencias para múltiples periodos desarrollado por Callaway y Sant'Ana.

ABSTRACT

Since the appearance of COVID-19 and the rapidly increase in the mortality rate due to this virus, the great majority of countries around the world took non-pharmaceutical measures to try to stop the saturation of the public health system caused by the COVID-19. Multilateral organisms and the scientific community recommended communitarian lockdowns for the first stages of the pandemic and social distancing measures to stop the surge of new COVID-19 cases. Meaning this, this research takes advantage of the variation in the traffic light policies implemented in Ecuador to carry out an impact evaluation of social distancing measures relaxation in mortality per 10.000 inhabitants in cantons of Ecuador. Among the main findings, it was found an accelerated increase in mortality when confinement measures are relaxed in cantons with larger populations and more dynamic economies, which is reflected within the estimation made only in provincial capitals. On the other hand, in cantons with medium and small size population the increase in mortality rises after several weeks of measures relaxation, however, the increase is small compared to larger cantons. The method used was difference in difference for multiple methods developed by Callaway and Sant'Ana.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	5
ANÁLISIS DE DATOS.....	9
METODOLOGÍA	11
RESULTADOS.....	16
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	21
CONCLUSIONES.....	23
REFERENCIAS.....	25
ANEXO	28

INTRODUCCIÓN

En diciembre del año 2019, en la ciudad China de Wuhan se reportó el primer caso de síndrome respiratorio agudo grave (SARS-CoV-2), enfermedad que se transmite con una rapidez alarmante, y que su propagación generó un problema de salud pública a nivel mundial (Lai, Shih, Ko, Tang, & Hsueh, 2020).

El SARS-CoV-2 o COVID-19 es una enfermedad que presenta síntomas en los contagiados como fiebre, gripe común, tos, problemas respiratorios, pérdida del gusto y el olfato en los casos leves (Gautier & Ravussin, 2020). En los casos graves, las manifestaciones clínicas se pronuncian generalmente como neumonía, bronquitis aguda, síndrome de distrés respiratorio grave, síndrome de disfunción multiorgánica, complicaciones de salud que pueden provocar la muerte en los pacientes (Sanyaolu, et al., 2020).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) a finales de febrero del año 2020, ya existían más de 75000 casos confirmados de COVID-19 solo en China, y el virus ya se estaba expandiendo por Europa, Estados Unidos, otros países de Asia y África (World Health Organization, 2020). En esos mismos días la OMS, declara al COVID-19 como una potencial pandemia, y el 11 de marzo, se declara oficialmente al virus como una pandemia (World Health Organization, 2021).

A raíz de la declaración del COVID-19 como una enfermedad pandémica, ante las alarmantes comunicaciones de la OMS y la evidencia sobre la rapidez con la que se propaga la enfermedad, la mayoría de países del mundo optaron por confinarse, ya que era claro que los sistemas de salud podían colapsar.

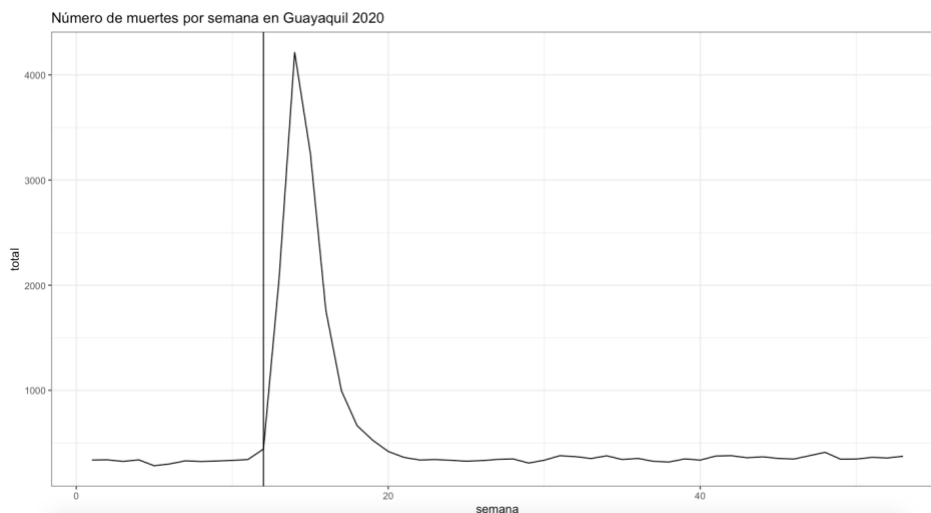
No obstante, poco tiempo después varios países desarrollados como Italia, España, Inglaterra, Estados Unidos entre otros, empezaron a tener problemas por la falta de capacidad para pacientes en los hospitales.

En América Latina, el primer caso registrado fue en Brasil, el día 26 de febrero (BBC, 2020). En Ecuador, la primera persona contagiada con el virus fue una ciudadana ecuatoriana que residía en España. La mujer llegó a Ecuador el 14 de febrero al aeropuerto José Joaquín de Olmedo ubicado en la ciudad de Guayaquil, y se le detectó la enfermedad 15 días después de su arribo al país (EL COMERCIO, 2020).

A partir de este punto, los contagios en Ecuador empezaron a proliferarse. Por tanto, en el país como medida para controlar el nivel de contagios, mediante el decreto ejecutivo 1017, del cual dicta en su artículo 4: la limitación del derecho a la libertad de tránsito en Ecuador “se realizará únicamente con la finalidad específica de mantener una cuarentena comunitaria obligatoria (...) para prevenir la generación de nuevos contagios en el desarrollo de actividades habituales”, decisión que entró en vigencia el 16 de marzo del 2020.

Sin embargo, la medida fue adoptada un poco tarde, ya que el tiempo de incubación del virus está en el rango de 3 a 7 días, por tanto, en este lapso de tiempo es en el que un paciente que no sea asintomático empieza a presentar síntomas (Hernández, 2020). En las circunstancias en la que los pacientes no sobreviven al tratamiento de cuidados intensivos, el promedio de supervivencia es de 18,5 días, y sin contar los casos atípicos esto se da en un rango de 7 a 27 días (Zhou, et al., 2020). Siendo esta cuestión el principal mecanismo por el que la tasa de mortalidad creció en Guayaquil de forma exponencial justamente después de que se decretara el toque de queda.

Una vez incluidas las medidas de confinamiento, se logró reducir la mortalidad en Guayaquil, pero, en ciertas épocas se experimentó ciertos incrementos, debido a los cambios en las medidas optadas por el gobierno central.



Fuente: Registros de muertes del Registro Civil de Ecuador año 2020

Adaptado de: <https://graphics.reuters.com/world-coronavirus-tracker-and-maps/es/countries-and-territories/ecuador>

Figura 1. Muertes semanales en Guayaquil 2020

La mortalidad en Guayaquil tuvo tal magnitud debido a que fue el lugar por donde ingresó la pandemia. Para aquellos momentos no se tenía ninguna medida de control para frenar la rapidez con la que se transmitía el virus de persona a persona. En el resto de los cantones del país se evidencian incrementos en la mortalidad meses después de que se haya adoptado el estado de excepción para restringir la movilidad de las personas.

Sin embargo, se conocía que estas medidas tendrían un efecto negativo en muchos aspectos, como pueden ser la economía, la salud mental de las personas, el clima político, entre otras (Hevia & Neumeyer, 2020).

Esta medida de política pública pone entredicho si realmente sirvió para su objetivo a lo largo del tiempo, ya que gran parte de la población posee un empleo inadecuado, en la cual una de las actividades más preponderantes es el comercio (Jara, 2018), motivo por el que se ha evidenciado cierto grado de incumplimiento de dichas medidas.

Con el fin de mitigar un poco los posibles impactos que puede tener un confinamiento comunitario, el 28 de abril, el Comité de Operaciones de Emergencia Nacional (COE-N), organismo que es dirigido por el Presidente de la República, cuyas principales funciones son la planificación, coordinación y

operación de acciones para enfrentar situaciones de emergencia a nivel nacional, decidió otorgar la responsabilidad de definir el momento en el que se retomen ciertas actividades productivas a los Comité de Operaciones de Emergencia de cada cantón (COE-C), bajo el esquema de semaforización.

En este esquema, todos los cantones empiezan en color rojo, el cual difiere del estado de excepción en los siguientes aspectos: i) se amplía el horario de entregas a domicilio de productos siendo este de 7h00 a 22h00; ii) autorización laboral sólo en proyectos piloto autorizados por el COE-N¹.

La decisión de cambiar de color de semáforo se fundamentaba en dos ejes principales i) Disponibilidad del sistema de salud, y, ii) crecimiento de la tasa de contagios.

El semáforo amarillo a diferencia del semáforo rojo, permite: i) que tanto instituciones públicas como privadas tenga un aforo del 50% en sus oficinas y les faculta hacer turnos rotativos para evitar aglomeraciones, ii) se autorizó a que los hospitales atiendan consulta externa de todas las especialidades, iii) se reduce el toque de queda de 18h00 a 05h00, iv) se autoriza el transporte urbano e interparroquial con un aforo del 20%, v) se incrementó a dos días la circulación de autos dependiendo del último dígito de la placa, y, vi) Los locales comerciales pueden funcionar con un aforo máximo del 30%.

El semáforo verde considera los siguientes puntos: i) que tanto instituciones públicas como privadas tenga un aforo del 70% en sus oficinas, y les faculta a hacer turnos rotativos para evitar aglomeraciones, ii) se autorizó a que se atiendan consulta externa de todas las especialidades y todas las profesiones liberales, iii) se reduce el toque de queda de 18h00 a 05h00, iv) se autoriza el transporte urbano e interparroquial con un aforo del 50%, v) la circulación de

¹ Los proyectos pilotos autorizados por el COE-N pertenecen a los sectores estratégicos del Ecuador, por ejemplo, el sector de la construcción.

vehículos se restringe por placas pares o impares, y, vi) Los locales comerciales pueden funcionar con un aforo máximo del 50%.

En este sentido, poco a poco los cantones del Ecuador fueron cambiando de color de semáforo, lo cual permitía una mayor movilidad para los habitantes, y por tanto, un mayor riesgo de que incremente la tasa de contagios, y por ende la mortalidad.

Por tanto, el presente estudio se centrará en analizar cuál fue el impacto de estas medidas sobre la mortalidad, delimitando como caso de estudio a los cantones que posean una población mayor o igual a los 20000 habitantes. Para estimar este efecto causal, se utilizó el método de diferencias en diferencias para múltiples periodos, ya que la adopción del tratamiento es de forma escalonada.

Bajo esta premisa, la pregunta de investigación que se plantea responder es: ¿Cuál es el impacto de relajar las medidas de distanciamiento social implantadas en los cantones de Ecuador sobre la mortalidad en el año 2020?, para lo cual se esperaría que a medida que se van relajando las medidas, la mortalidad incrementa.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

El surgimiento inesperado de la pandemia del COVID-19 ha generado un gran debate en diferentes disciplinas académicas, principalmente en los efectos que este brote puede tener en la mortalidad, tasas de contagio, entre otras. A su vez, mucha literatura se ha centrado en el análisis sobre el impacto que puede tener el distanciamiento social recomendado por la OMS sobre la salud y la economía.

En este sentido, se han desarrollado modelos matemáticos y estadísticos para pronosticar resultados, hacer análisis de impacto y simular efectos de ciertas políticas, entre otras.

En china, se realizó se realizó estimaciones de parámetros epidemiológicos como la tasa de transmisión y el número reproductivo básico del virus, y de ese modo, utilizando modelos de ecuaciones diferenciales se evaluó el periodo de latencia del virus (Liu, Magal, Seydi, & Webb, 2020). Por otro lado, calibrando los parámetros epidemiológicos (Anastassopoulou, Russo, Tsakris, & Siettos, 2020) realizan un pronóstico de la evolución de la pandemia, asegurando que la tasa de mortalidad y de contagios, son mucho más elevados que los presentados en los datos oficiales.

Ante el inminente riesgo de un colapso en el sistema de salud se empezaron a realizar investigaciones para analizar las medidas que pueden adoptar los gobiernos para frenar la tasa de contagios. En consecuencia, el estudio realizado por (Song, et al., 2020) sobre el impacto del aislamiento social para controlar el esparcimiento de la enfermedad, en el cual realizan una simulación matemática en la que incluyen el aislamiento de las personas, los casos confirmados y el cerco epidemiológico, muestra un efecto positivo para frenar la tasa de contagios, y prevenir un segundo repunte de casos positivos. No obstante, mencionan que el retorno a actividades laborales y académicas representa un riesgo. Este hallazgo es reforzado con los resultados encontrados mediante la realización de diferentes modelos matemáticos por (Maier & Brockmann, 2020), (Tian, et al., 2020), (Lau, et al., 2020) en los cuales concluyen que la efectividad del aislamiento social en China responde al conjunto de estrictas medidas que se tomaron en el país.

Con respecto a la tasa de mortalidad en China, (Hauser, et al., 2020) desarrollan un modelo matemático estratificado por edad del comportamiento del virus susceptible a la exposición, infección y muerte (SEIR²) dicho modelo es ajustado por dos tipos de sesgo: la determinación preferencial de los casos graves y censura de la mortalidad por la derecha de la distribución, para lo cual utilizaron datos de la provincia de Hubei en los primeros meses de pandemia. Como resultados del modelo encontraron que hubo un incremento significativo de la

² El modelo SEIR es un modelo matemático que resuelve un sistema de ecuaciones que permite describir el proceso epidemiológico del virus considerando la parametrización utilizada en su especificación.

mortalidad, principalmente en las personas de la tercera edad. Posterior a que en China se impongan las medidas de confinamiento, (Medeiros de Figueiredo, Daponte, Moreira, Saez, & Cabrera, 2020) realizan un análisis de impacto del confinamiento sobre la mortalidad en la provincia de Hubei. Usaron el método bayesiano, aproximación anidada integrada de Laplace. El resultado encontrado fue que, gracias a las duras restricciones impuestas en la provincia, la mortalidad redujo considerablemente frenando la tendencia creciente de las muertes.

En Francia, (Roques, Klein, Papaix, Sar, & Soubeyrand, 2020) combinan un modelo matemático (SIRD³) y métodos bayesianos para inferencia estadística, estiman la efectividad del confinamiento. Concluyen que estas medidas controlaron una primera ola de contagios, pero, es necesario mantener un número de reproducción efectivo (\mathcal{R}_e) bajo. Por otro lado, (Di Domenico, Pullano, Sabbatini, Boëlle, & Colizza, 2020) utilizaron un modelo de transmisión estocástico estructurado por edad, para evaluar el impacto del confinamiento, para lo cual estimaron un \mathcal{R}_e de 3,18 antes del confinamiento, y de 0,68 después. Como resultado del confinamiento estimaron una reducción del 81% de la tasa de contagios. Ambos estudios recomiendan que las medidas de confinamiento se deben relajar gradualmente para evitar una segunda ola de contagios.

En Escandinavia, (Conyon, He, & Thomsen, 2020) explotan la variación en las políticas de confinamiento entre Dinamarca, Noruega, y Suecia para ajustar un modelo de diferencias en diferencias y estimar el efecto causal de el confinamiento en la mortalidad. Suecia fue el grupo de control, puesto que sus políticas fueron mucho menos estrictas que en los otros países. Los resultados del modelo afirman que medidas más estrictas están relacionadas con una reducción de la mortalidad.

(Achuo, 2020) realiza una estimación sobre el efecto que tuvieron las medidas adoptadas por 50 países de África para reducir el número de contagios. Para ello usa un modelo VAR de datos de panel, y su variable para medir que tan estrictas

³ El modelo SIRD es un modelo matemático con un proceso parecido al SEIR, pero considera una parametrización diferente.

son las políticas de los gobiernos es el Strigency Index calculado por la universidad de Oxford. Los resultados de las funciones de impulso respuesta (IRF) muestran que existe un efecto negativo significativo a largo plazo de las restricciones de los gobiernos sobre el número total de casos confirmados y por ende en el número de muertes por COVID-19.

En cualquier caso, existe una pequeña diferenciación en cuanto a los pronósticos, parámetros estimados, e impacto de las medidas de salud públicas adoptadas por las diferentes naciones, lo cual obedece en cierto sentido a las formas en que se aplican los modelos estadísticos o matemáticos. Sin embargo, la conclusión a la que llegan la mayoría de estudios, es que el uso adecuado de las medidas de bioseguridad y el aislamiento social, son las mejores medidas para desacelerar la tasa de contagios y la mortalidad (Xiang, et al., 2021).

Según (Peñafiel, Camelli, & Peñafiel, 2020) dada la situación de América Latina se debe analizar primordialmente dos ámbitos que están correlacionados entre sí y han sufrido un gran impacto, esto es: lo económico y lo sanitario. En cuanto a lo económico, se analiza que los estragos en la región son muy heterogéneos, ya que cada país presenta situaciones económicas y políticas diferentes, no obstante, un problema común fue el incremento de la mortalidad, que ha afectado a toda la región.

Para el caso específico de Ecuador (Cevallos, Vergara, & Zambrano, 2020), realizan una estimación sobre el exceso de mortalidad usando modelos predictivos para lo cual se usó un modelo ARIMA(3,0,1) y un Simple exponential smoothing with multiplicative errors – ETS (M,N,N), usando estas predicciones para restar del número real de muertes que se ha tenido a lo largo del año y de esa forma tener el exceso de mortalidad para el 2020.

En Ecuador no se han realizado muchos estudios sobre el efecto causal de las medidas de confinamiento sobre la mortalidad. Es por ello que, el objetivo de este estudio será analizar la relación causa-efecto de las medidas de confinamiento decretadas para frenar el número de muertes, centrándose en la semaforización. Bajo esta premisa la pregunta de investigación que se plantea

es ¿Cuál es el impacto de semaforización en Ecuador sobre la mortalidad para el año 2020?

La contribución a la literatura de esta investigación es que se plantea un modelo de inferencia causal que no ha sido usado con anterioridad para estimar el efecto de la política de semaforización en ningún país que haya optado por esta medida.

ANÁLISIS DE DATOS

A continuación, se presenta las fuentes de las que se recabaron los datos para realizar la estimación econométrica.

La fuente principal de datos fue el registro administrativo de muertes diarias por cantón para el año 2020 del Registro Civil del Ecuador. Para conseguir una mayor estabilidad en el modelo, y que los grupos no sean pequeños, se agregaron los datos de forma semanal.

Se obtuvo datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos sobre las proyecciones poblacionales de los cantones de Ecuador, así como también la proporción de ruralidad de cada cantón.

Con la agregación semanal de las muertes por cantón, se construyó la variable dependiente que es la tasa de mortalidad por cada 10.000 habitantes⁴.

Para la construcción del modelo econométrico, que se explicará en el siguiente apartado, es necesario generar grupos de tratamiento. Para ello es necesario saber en qué fecha los cantones entraron a la semaforización y en qué fecha cambiaron de semáforo. Esta información se la obtuvo de los registros administrativos del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. En la tabla A1 del anexo, se especifica como quedaron formado los grupos dependiendo de la semana en la que fueron tratados.

⁴ *Mortalidad por cada 10.000 hab*_{*i*} = $\frac{\text{muertes totales}_i * 10.000}{\text{Población}_i}$

La siguiente tabla presenta la estadística descriptiva de las variables de interés desagregado por grupo de tratamiento, por capitales provinciales y para la muestra en general.

Tabla 1. Estadística descriptiva

Variable	Mean	Group	Treatment week
Mortalidad por cada 10.000 habitantes	1,415523	1	20
	0,935975	2	21
	1,356563	3	22
	1,039556	4	23
	1,062978	5	24
	0,919326	6	25
	1,036255	7	26
	0,686540	8	27
	0,829121	9	28
	0,729765	10	29
	0,940436	11	30
	0,886281	12	31
	0,821134	13	33
	0,730641	14	34
	0,982941	15	36
Ruralidad	0,46	1	20
	0,484	2	21
	0,427222	3	22
	0,564815	4	23
	0,560389	5	24
	0,577391	6	25
	0,606667	8	26
	0,7675	9	27
	0,675556	10	28
	0,55	11	29
	0,62	12	30
	0,35	13	31
	0,825	14	33
	0,62	15	34
	0,44	16	36
	Nuevos casos positivos por cada 10.000 habitantes	1,713232	1
3,217513		2	21
2,533047		3	22
1,647232		4	23
1,955643		5	24
1,636783		6	25
2,457231		8	26
1,842341		9	27
1,968802		10	28
2,593503		11	29
2,194996		12	30
9,53482		13	31
2,153982		14	33
4,407852		15	34

	3,406462		16	36
Mortalidad	0.10170	Todos los cantones	-	
	1,42	Capitales	-	
Población	125540	Todos los cantones	-	
	511193	Capitales	-	

Los datos no se toman para todo el año 2020. El punto de partida es la semana 13 que va del 23 al 29 de marzo, y el primer grupo tratado corresponde a la semana 20 que va del 11 al 17 de mayo.

No se tomaron en cuenta a todos los cantones de Ecuador. Se eliminó al cantón Galápagos, ya que al ser una Isla las condiciones en las que se vivió la pandemia y la forma en que fue afectado difiere del resto de cantones. Asimismo, se retiró de la muestra a los cantones con una población menor a 20000 habitantes. Finalmente, se eliminó algunos cantones que no cumplen con los supuestos del modelo econométrico a utilizar, por ejemplo, algunos cantones fronterizos que tuvieron un tratamiento diferente, y, aquellos cantones que retornaron a semáforo rojo una vez que fueron tratados.

METODOLOGÍA

Como ya se mencionó antes, en Ecuador el 16 de marzo empezó el confinamiento comunitario, para el cual todos los cantones tuvieron el mismo tratamiento. El 28 de abril, entra en vigor la política de semaforización ya que de esa forma se esperaba que poco a poco los cantones vayan relajando paulatinamente las medidas de confinamiento y así evitar una segunda ola de contagios.

Como se explicó en el apartado anterior de análisis de datos, se toma datos desde la semana 13, ya que en dicha semana empieza a reducir el excesivo número de muertes que hubo en el cantón Guayaquil.

Por otro lado, el punto de partida es la semana 13 porque esta semana se toma como tratamiento para el modelo la relajación de las medidas de confinamiento, es decir, el cambio de semaforización de rojo a amarillo o verde. Además, si se

hubiera tomado como tratamiento el inicio de las restricciones, no se hubiera tenido un contrafactual para la estimación, puesto que, todos los cantones tuvieron que cumplir con las mismas medidas. En consecuencia, se toma la estrategia antes mencionada.

Dadas las condiciones en las que se encuentran los individuos frente al tratamiento, se podría pensar en primera instancia en el método generalizado de diferencias en diferencias, no obstante, al tener un tratamiento escalonado, es decir, que los cantones se van tratando en semanas diferentes conforme avanza el tiempo se tiene potenciales sesgos en la estimación. En este sentido, (Borusyak & Jaravel, 2017) muestra que el estimador OLS y el de diferencias en diferencias, pueden generar ponderaciones negativas cuando el grupo de control tiene tendencias temporales diferentes dadas por un tratamiento escalonado.

Existe un caso en el que el estimador de diferencias en diferencias da estimadores insesgados, no obstante, los supuestos de efecto de tratamiento constante a través del tiempo y por unidad (Athey & Guido W., 2021) es muy fuerte y no se cumple ya que existe cierta heterogeneidad en el efecto de tratamiento en los cantones de Ecuador.

Considerando los problemas que tiene el estimador clásico de diferencias en diferencias, se podría considerar el estimador de Twoway Fixed effects ya que este estimador en el caso de tratamientos en diferentes periodos de tiempo, hace una ponderación de todos los posibles casos de diferencias en diferencias 2x2 para así calcular el efecto causal. No obstante (Sun & Abraham, 2020), (de Chaisemartin & D'Haultfœuille, 2020) y (Goodman-Bacon, 2021) dan evidencia de que este estimador ante diferente composición de los pesos dada por la heterogeneidad que puede existir en los grupos ante una adopción de tratamiento escalonada, genera graves sesgos en la estimación. El principal problema se da porque el estimador al hacer una ponderación de todos los casos 2x2, en consecuencia el método no puede evitar tomar como contrafactual a unidades que ya fueron tratadas. Este estimador no es sesgado solo en el caso

en el que el efecto de tratamiento sea homogéneo para los grupos a lo largo del tiempo.

Ante esta problemática, (Callaway & Sant'Anna, 2020) proponen una nueva metodología de diferencias en diferencias que permite que exista heterogeneidad en el efecto de tratamiento a través del tiempo y de los grupos dada por una adopción de tratamiento escalonada.

Esta metodología debe cumplir con varios supuestos.

El primer supuesto corresponde a que no exista reversibilidad del tratamiento, es decir, que los cantones una vez que pasaron de rojo a amarillo o a verde, no pueden regresar otra vez a semáforo rojo. El segundo, tiene que ver con que la muestra sea independiente, e idénticamente distribuida. El tercer supuesto se refiere a una limitación en la anticipación del tratamiento, pero, para el caso actualmente tratado, no existe anticipación de tratamiento, por tanto, $\delta = 0$.

El cuarto y quinto supuesto, hacen referencia a las tendencias paralelas considerando las dos formas para definir a los grupos de control: la primera, es el caso en el que se tiene un grupo que nunca fue tratado “never treated group”, y, el caso en el que todos los grupos son tratados en algún momento “not yet treated group”. En este caso en específico, se usará el “not yet treated group”, ya que todos los cantones con lo que se trabajará en algún punto del tiempo en el año 2020 fueron tratados, por tanto, hay que dar evidencia de que se cumple lo siguiente:

$$E[Y_t(0) - Y_{t-1}(0)|X, G_g = 1] = E[Y_t(0) - Y_{t-1}(0)|X, D_s = 0, G_g = 0] \quad (1)$$

G denota a cada grupo, y D a la adopción del tratamiento.

El sexto supuesto, hace referencia al soporte común que deben tener los grupos para una correcta estimación del propensity score.

En este sentido, el “group-time average treatment effects” se lo puede calcular mediante formas distintas⁵ dependiendo de las condiciones en las que se tenga a los grupos. En la presente estimación se usará el estimador doubly robust, el cual se calcula de la siguiente forma para el caso en el que todos los grupos son tratados en algún punto del tiempo.

$$ATT_{dr}^{ny}(g, t; \delta) = E \left[\left(\frac{G_g}{E[G_g]} - \frac{\frac{P_{g,t+\delta}(X)(1-D_{t+\delta})(1-G_g)}{1-P_{g,t+\delta}(X)}}{E \left[\frac{P_{g,t+\delta}(X)(1-D_{t+\delta})(1-G_g)}{1-P_{g,t+\delta}(X)} \right]} \right) \left(Y_t - Y_{g-t-\delta} - m_{g,t,\delta}^{ny}(X) \right) \right] \quad (2)$$

Donde $P(x)$ corresponde al propensity score y $m_{g,t,\delta}^{ny}(X) = E[Y_t - Y_{g-t-\delta} | X, D_{t+\delta} = 0, G_g = 0]$.

Para estimar el $ATT(g,t)$ sin anticipación de tratamiento ($\delta = 0$) se puede correr la siguiente regresión.

$$Y_{i,t} = \alpha_1^{g,t} + \alpha_2^{g,t} * G_g + \alpha_3^{g,t} * 1\{T = t\} + \beta^{g,t} * (G_g * 1\{T = t\}) + \gamma * X + \varepsilon^{g,t} \quad (3)$$

Donde,

Y es la tasa de mortalidad por cada 10.000 habitantes en cada cantón.

G representa a los grupos de tratamiento.

T representa a las semanas de tratamiento.

X es un vector de covariables en los cuales se incluyó la proporción de ruralidad, el tamaño de la población de cada cantón y la cantidad de nuevos casos positivos por covid-19.

⁵ Existen tres formas de calcular el group-time average treatment effects, estos métodos son: i) Doubly Robust; ii) Outcome Regression; y, iii) Inverse Probability Weighting.

El parámetro de interés es $\beta^{g,t}$, el cual fácilmente se puede demostrar que es igual al $ATT_{dr}^{ny}(g, t; \delta)$ cuando se cumple el supuesto de tendencias paralelas condicional y $\delta = 0$.

Sin embargo, al tener 128 cantones que forman bastantes grupos de tratamiento, la forma en la que se recomienda presentar los resultados es de forma agregada. Este método tiene varias formas de agregar los efectos, estos pueden ser por grupo de tratamiento, por periodo de tratamiento, y, un agregado total del efecto para los periodos de tratamiento o para todos los grupos.

Por grupo,

$$\theta_{sel}(\tilde{g}) = \frac{1}{\tau - \tilde{g} + 1} \sum_{t=\tilde{g}}^{\tau} ATT(\tilde{g}, t) \quad (4)$$

θ_{sel} es el promedio ponderado de los $ATT(\tilde{g}, t)$ para cada grupo

Por periodo de tiempo,

$$\theta_c(\tilde{t}) = \sum_{g \in \mathcal{G}} 1\{\tilde{t} \geq g\} P(G = g | G \leq \tilde{t}) ATT(g, t) \quad (5)$$

θ_c es el promedio ponderado de los $ATT(\tilde{g}, t)$ para cada periodo de tiempo.

Mientras que el efecto total hace una doble ponderación, tanto del tiempo como de los grupos.

$$\theta_W^0 = \frac{1}{k} \sum_{g \in \mathcal{G}} \sum_{t=2}^{\tau} 1\{t \geq g\} ATT(g, t) P(G = g | G \leq \tau) \quad (6)$$

Donde θ_W^0 es el promedio ponderado de cada $ATT(g, t)$ con mayor peso en los $ATT(g, t)$ correspondientes a grupos con mayor cantidad de cantones.

La principal limitación de este método, al usar el grupo de tratamiento “not yet treated”, es que solo se puede estimar el efecto hasta que el último grupo empieza a ser tratado, debido a que posterior a esto ya no existirían contrafactuales para realizar estimación alguna.

RESULTADOS

La figura 2 y 3 se muestra la estimación agregando el efecto por periodos de tiempo. La figura 2 representa a la estimación sin controles, mientras que la figura 3 muestra la estimación controlando por: la proporción de ruralidad, el tamaño de la población de cada cantón y los nuevos casos positivos que se generaron en la semana t .

En la figura 2 se puede observar que en las 7 semanas previas al tratamiento los cantones son comparables, ya que los efectos son cercanos a 0 y los intervalos de confianza contienen al 0. Posteriormente, cuando los cantones empiezan a relajar las restricciones de movilidad, se ve que existe una reducción de la mortalidad, lo cual a priori estaría contradiciendo a los resultados esperados, no obstante, cabe mencionar que son pocos los cantones que se tratan en las primeras semanas del periodo post tratamiento; mientras que otros cantones siguen manteniendo el semáforo en rojo.

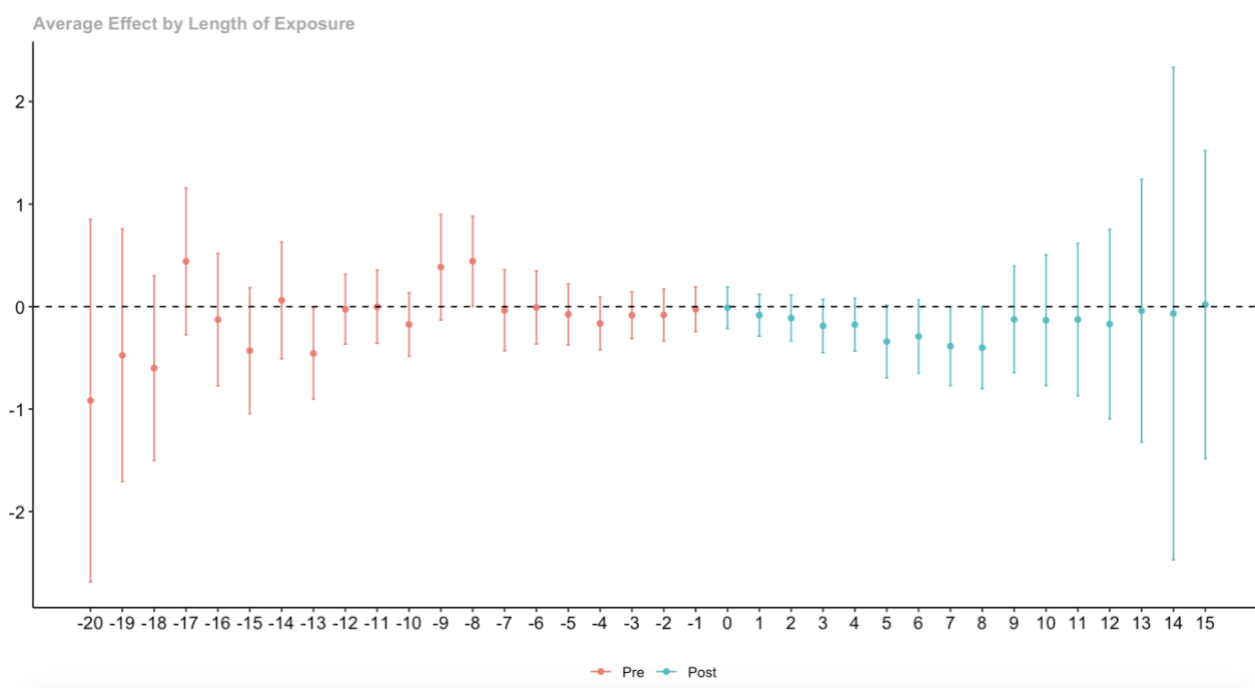


Figura 2. Efecto promedio por periodo de tratamiento

En la figura 3 el efecto es muy similar hasta la semana 7 del periodo post tratamiento, con la peculiaridad de que el periodo pre tratamiento al controlar por

covariables se puede observar que tiene un mejor comportamiento, lo cual genera mayor confianza de que se cumpla el supuesto de tendencias paralelas condicionadas a covariables. A su vez, se puede ver que a partir del periodo 7 el incremento que se observa en esta estimación es más grande que en la estimación realizada sin controles.

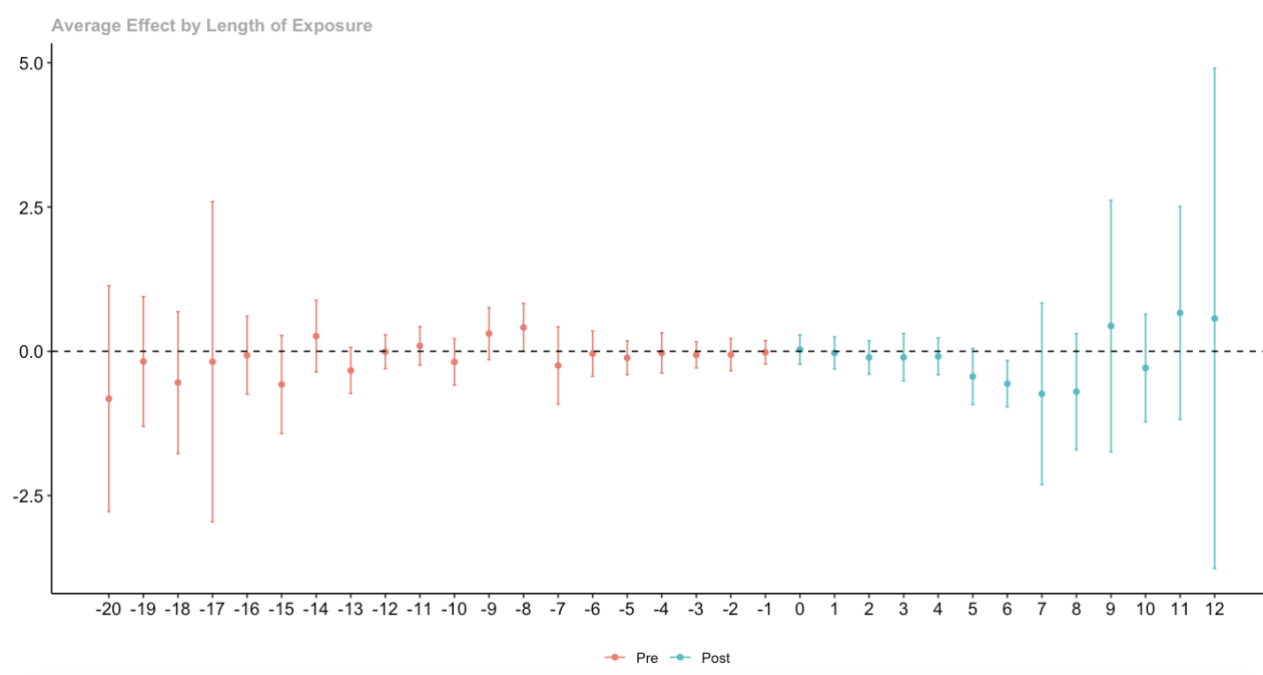


Figura 3. Efecto promedio por periodo de tratamiento controlando por covariables

También se realizó una estimación en la que se rezagó a la variable de casos positivos dos semanas, ya que desde el día que una persona se contagia, el periodo de incubación del virus es en promedio de tres días, a partir de ese momento los síntomas se empiezan a manifestar y las personas optarían por realizarse una prueba para detectar si contrajeron el virus. Desde ese momento, en promedio pasarían dos semanas hasta que una persona con graves complicaciones fallezca.

En esta estimación, el supuesto de tendencias paralelas se cumple a cabalidad, ya que casi todos los efectos en el periodo pre tratamiento son cero, y los intervalos de confianza son muy pequeños.

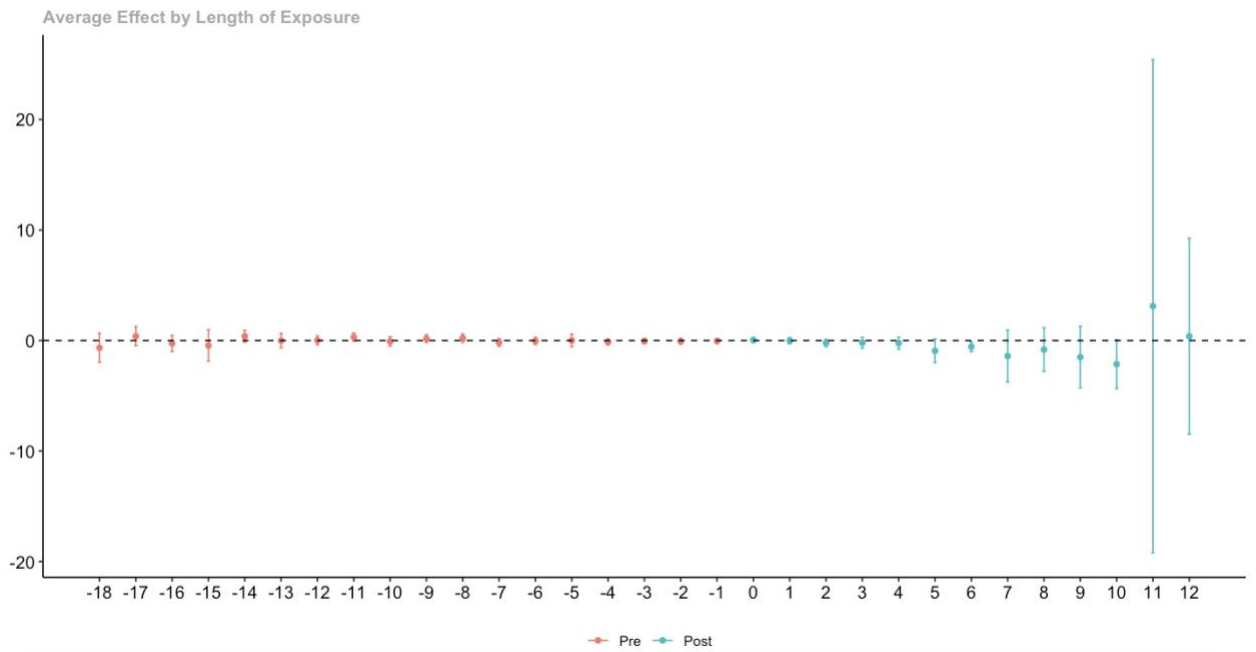


Figura 4. Efecto promedio por periodo de tratamiento controlando por covariables incluyendo rezagos en la variable de nuevos casos positivos de COVID-19

En la figura 5, se muestra los resultados de la estimación, tomando en cuenta solo a las capitales provinciales del Ecuador. Esta estimación se la realizó sin controles ya que la variación que existe entre semanas en las covariables incluidas no es mucha y al ser la muestra relativamente pequeña, no existe precisión en la estimación.

Cuando se empiezan a relajar las medidas de confinamiento en las capitales provinciales, las primeras dos semanas existe un ligero decremento en la tasa de mortalidad por cada 10.000 habitantes, no obstante, casi en todos los periodos subsiguientes se tiene un incremento de dicha tasa. Cabe mencionar que en este caso, no tiene mucho sentido controlar por la proporción de ruralidad por el motivo de que las capitales provinciales en Ecuador son areas urbanas con muy poca presencia de parroquias rurales.

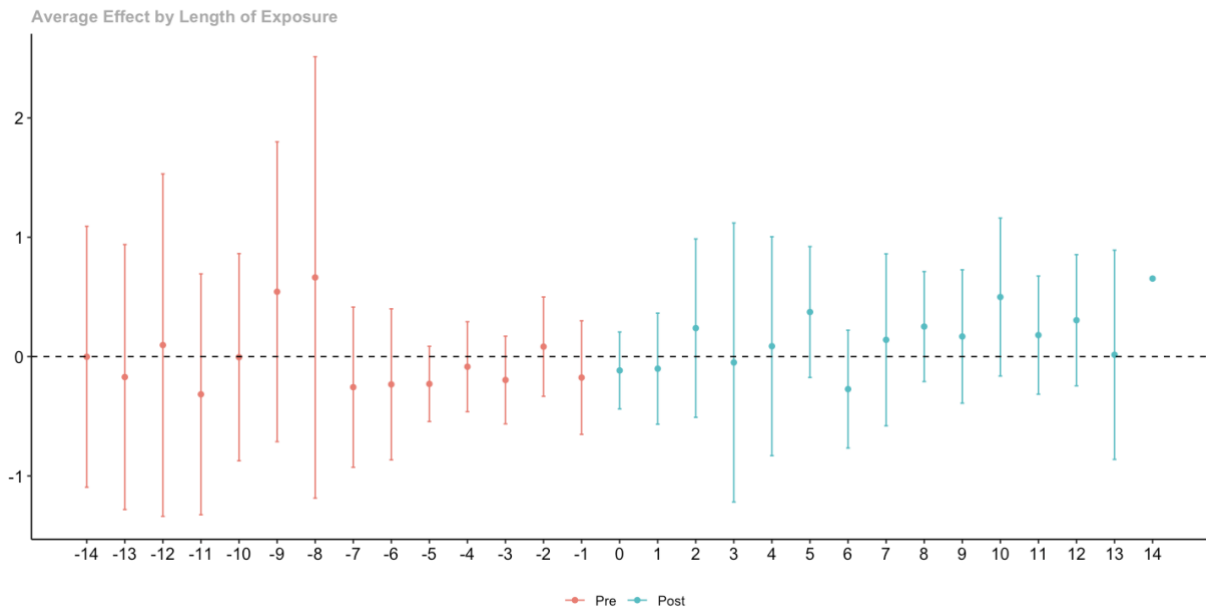


Figura 5. Efecto promedio por periodo para las capitales provinciales

A continuación se presenta una tabla con el efecto agregado de todos los periodos de tratamiento, y, por grupo de tratamiento bajo el supuesto de tendencias paralelas incondicionales.

Tabla 2. Efecto agregado del tratamiento en la mortalidad por cada 10.000 habitantes bajo el supuesto de tendencias paralelas incondicionales

Unconditional Parallel Trends					
		Overall summary of ATT's based on event-study/dynamic aggregation			
OLS	TWFE	CS DR	CS REG	Cs IPW	
	-0,0528	-0,1647	-0,1647	-0,1647	
	(0,0426613)	(0,175)	(0,1951)	(0,1754)	
		Overall summary of ATT's based on group/cohort aggregation			
		CS DR	CS REG	Cs IPW	
		-0,1888	-0,1888	-0,1888	
		(0,0874)	(0,0957)	(0,088)	
Capitales provinciales					
		Overall summary of ATT's based on event-study/dynamic aggregation			
		CS DR	CS REG	Cs IPW	
		0,1584	0,1584	0,1584	
		(0,1473)	(0,1648)	(0,5482)	

Overall summary of ATT's based on group/cohort aggregation		
CS DR	CS REG	Cs IPW
1,6087	1,6087	1,6087
(0,5329)	(0,0957)	(0,5283)

Notas: La tabla reporta el efecto agregado del tratamiento bajo el supuesto de tendencias paralelas incondicionales. La columna de OLS, reporta el coeficiente de la variable post tratamiento bajo una regresión por mínimos cuadrados ordinarios. La columna TWFE, refleja el coeficiente de la variable post tratamiento bajo una regresión por el método Two-way Fixed effects. Las columnas CS DR, CS OR, CS IPW, muestran las diferentes formas que tiene el método de Callaway y Sant'Ana para calcular el efecto agregado del tratamiento, estas respectivamente son: Doubly Robust, Outcome Regression y, Inverse Probability Weighting.

Si se cumplen los supuestos 1,2,3,5 y 6, los diferentes estimadores propuestos por Callaway y Sant'Ana tendrán la misma magnitud. No obstante, bajo la presencia de covariables, el método más robusto es utilizar el estimador Doubly Robust, ya que la configuración de las covariables puede cambiar el efecto estimado, principalmente si se usa el Outcome Regresión, ya que este método no usa el propensity score, por tanto los controles son usados de manera muy distinta.

La siguiente tabla, contiene los resultados de la estimación bajo el supuesto de tendencias paralelas condicionales. Las variables de control agregadas son la proporción de ruralidad de los cantones, la cantidad de habitantes de cada cantón, y los nuevos casos positivos por cada 10.000 habitantes rezagados dos semanas.

Como se menciona anteriormente, el método más robusto ante la presencia de covariables es el Doubly Robust, por este motivo la tabla 3 contiene los resultados solo de este método.

En las figuras A1, A2 y A3 correspondientes al anexo se presentan los gráficos del efecto agregado por grupos de tratamiento.

Tabla 3. Efecto agregado del tratamiento en la mortalidad por cada 10.000 habitantes bajo el supuesto de tendencias paralelas condicionales

Conditional Parallel Trends		Overall summary of ATT's based on event-study/dynamic aggregation
OLS	TWFE	CS DR
-0,4762	-0,29698	-0,3456
(0,0402201)	(0,0473761)	(0,175)
		Overall summary of ATT's based on group/cohort aggregation
		CS DR
		-0,379
		(0,243)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En todas las especificaciones que se estimó para la muestra completa, se observa que en la primera semana de tratamiento no hay efecto. Esto se debe a que en este periodo solo el cantón Daule entró en tratamiento. En la segunda semana de tratamiento, el efecto es muy cercano a 0. En esta semana se tratan 5 cantones, entre ellos está la capital de la provincia de Loja.

A partir de la tercera semana de tratamiento se empieza a observar una reducción de la mortalidad hasta la semana 7 de tratamiento. En las semanas 3 y 4 del periodo post tratamiento se tratan los cantones más grandes del Ecuador que son Quito, Guayaquil y Cuenca.

Los cantones al pasar por un largo periodo con fuertes restricciones de movilidad ya venían controlando sus tasas de mortalidad y, el efecto en la mortalidad dada por contraer el virus del COVID-19 no es inmediato, ya que en promedio las muertes de una persona con graves complicaciones se da después de 18 días en promedio. Es decir, el mecanismo por el cual puede existir un incremento en

la mortalidad proviene del desarrollo y transmisibilidad del virus lo que conlleva un proceso de dos a tres semanas para que se vea reflejado su efecto.

En este sentido, también hay que tomar en cuenta que el efecto que se observa por periodo de tiempo de tratamiento también está determinado por el peso de los grupos, siendo el grupo tratado en la semana 23 el que posee una mayor ponderación dado por el número de cantones que se tratan en ese periodo y, a su vez en ese grupo se encuentra el cantón Quito, que es el segundo más grande del país.

Cabe recalcar que los cantones que salen de semáforo rojo cuando controlan la mortalidad, la tasa de contagios se reduce considerablemente, y que exista capacidad hospitalaria principalmente en el área de cuidados intensivos. Así que, se espera que en los periodos subsiguientes al cambio de semáforo la tasa de mortalidad reduzca. Luego del tiempo de latencia del virus que en promedio es de 18 días, se espera que la mortalidad empiece a crecer paulatinamente, tal como se observa en las diferentes especificaciones en las que se corrió el modelo.

En el anexo en las figuras A1, A2 y A3 se puede encontrar el efecto por grupos de tratamiento. En la especificación que no se usa controles, el efecto por relajar las medidas es positivo, es decir que existe un incremento en la mortalidad para los grupos tratados en las semanas 25,28,29,30 y 34.

La estimación realizada con controles, en la que se incluye los rezagos de la tasa de nuevos casos positivos por cada 10.000 habitantes, lo cual se puede observar en la figura A2, se tiene un efecto positivo para los grupos tratados en las semanas 21, 22 y 29, grupos que contienen a cantones relativamente grandes. Si bien, Quito es tratado en la semana 23, en esta misma semana se tratan 29 cantones con tamaños de población pequeños, lo cual estaría absorbiendo el efecto positivo en la mortalidad de Quito, lo cual se ve claramente cuando se realiza la estimación solo para las capitales provinciales.

Para la estimación realizada para las capitales provinciales (ver figura A3), se puede observar un efecto positivo en todos los grupos a excepción del grupo tratado en la semana 25, que contiene a los cantones Latacunga y Tena.

Analizando el resultado de la estimación realizada solo para las capitales provinciales, se puede afirmar que cuando se usa toda la muestra el efecto sobre la mortalidad de los cantones pequeños, al ser muchos más, está absorbiendo el efecto de los cantones grandes, que por sus condiciones poseen una economía más dinámica, lo que conlleva un mayor riesgo de contacto, por ende, un mayor riesgo de contagios.

CONCLUSIONES

Este estudio aprovecha la variación en la política de semaforización en los cantones de Ecuador, que tiene como objeto contener la proliferación del virus SARS-COV-2, y de ese modo frenar el incremento de la mortalidad.

La hipótesis planteada fue que mientras se relajen las medidas de confinamiento, la mortalidad crecerá. Dentro del estudio se realizó una estimación en la que se tomó a la muestra completa, y, otra en la que se incluyó solo a las capitales provinciales. En el primer caso, se puede observar que el efecto agregado por periodo de tiempo y por grupo es negativo, sin embargo, analizando el efecto periodo a periodo, se puede observar que en las últimas semanas existe un incremento de la mortalidad en todas las especificaciones que se corrió el modelo. Este resultado nos da evidencia que mientras la semaforización se mantuvo en rojo, en cierto modo se logró controlar la mortalidad y, que las personas durante las primeras semanas en la que su cantón cambia de semáforo, mantienen una alta precaución, pero, conforme pasa el tiempo, los cuidados que mantenían las personas van siendo menos estrictos y esto se ve reflejado en un incremento paulatino de la mortalidad. Por otro lado, esto también se debe a que los cantones con tamaños de población no muy grandes son los que primero cambia de semáforo, y dado que las condiciones en las que se

transmite el virus está muy correlacionado con la densidad poblacional. A su vez, en las primeras semanas se tiene una reducción de la mortalidad, provocada por el efecto que tuvo el semáforo rojo en los cantones y, por las condiciones en las que se experimenta el incremento de las tasas de mortalidad, que tiene relación con el peso de los grupos y el efecto de entre dos a tres semanas en los que el incremento de contagios se ve reflejado en la mortalidad.

En el caso en el que se toma solo a las capitales provinciales, se puede observar una reducción de la mortalidad en las dos primeras semanas en las que se relajaron las medidas. A partir de este punto, casi en todos los periodos posteriores se observa un incremento de la mortalidad. Esto da evidencia que en los cantones con mayor dinamismo económico, mayor densidad poblacional, y, mayor proporción de trabajo informal, experimentan una mayor rapidez en el incremento de la mortalidad.

Estos hallazgos tienen una implicación de política pública, puesto que, ante la aparición de nuevas variantes del virus, posiblemente se tenga que realizar un nuevo confinamiento. Como fue el caso de Chile, que a pesar de liderar el proceso de vacunación en Latino América, requirieron de medidas de restricción de movilidad nuevamente. No obstante, es importante tener en cuenta que las medidas deben ser más estrictas en los cantones con mayor cantidad de habitantes, y con una economía más dinámica. Puesto que, el confinamiento ha provocado grandes desequilibrios económicos, y, la idea de un confinamiento inteligente, sería tratar de minimizar los contagios, sin reducir el bienestar económico en medida de lo posible.

Es por ello que dado el caso de ser necesario un nuevo confinamiento, se debería clusterizar a los cantones con características similares, y, ese sería el punto de partida para adoptar medidas que sean eficientes para cada cluster.

REFERENCIAS

- Achuo, E. (2020, August). How Efficient are Government Stringency Responses in Curbing the Spread of the COVID-19 Pandemic? *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 4, 629-635.
- Anastassopoulou, C., Russo, L., Tsakris, A., & Siettos, C. (2020, March). Data-based analysis, modelling and forecasting of the COVID-19 outbreak. *PLOS ONE*, 15(3).
- Athey, S., & Guido W., I. (2021). Design-based Analysis in Difference-In-Differences Settings with Staggered Adoption. *Journal of Econometrics*.
- BBC. (26 de February de 2020). *Coronavirus: Brasil confirma el primer caso en América Latina: BBC NEWS*. Recuperado el July de 2021, de BBC NEWS: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51641436>
- Borusyak, K., & Jaravel, X. (2017, May). Revisiting Event Study Designs. *SSRN*.
- Callaway, B., & Sant'Anna, P. H. (2020, December). Difference-in-Differences with multiple time periods. *Journal of Econometrics*.
- Cevallos, H., Vergara, A., & Zambrano, G. (15 de Diciembre de 2020). Measuring the impact of the COVID-19 outbreak in Ecuador using preliminary estimates of excess mortality, March 17–October 22, 2020. *International Journal of Infectious Diseases*, 104.
- Canyon, M. J., He, L., & Thomsen, S. (2020, June). Lockdowns and COVID-19 Deaths in Scandinavia. *SSRN*.
- de Chaisemartin, C., & D'Haultfœuille, X. (2020). Two-Way Fixed Effects Estimators with Heterogeneous Treatment Effects. *AMERICAN ECONOMIC REVIEW*, 110(9), 2964-2996.
- Di Domenico, L., Pullano, G., Sabbatini, C. E., Boëlle, P.-Y., & Colizza, V. (2020). Impact of lockdown on COVID-19 epidemic in Île-de-France and possible exit strategies. *BMC Medicine*, 18(1).
- EL COMERCIO. (29 de February de 2020). *Ministerio de Salud confirma primer caso de coronavirus en Ecuador: EL COMERCIO*. Recuperado el July de 2021, de EL COMERCIO: <https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/salud-confirma-primer-caso-coronavirus.html>
- Gautier, J.-F., & Ravussin, Y. (May de 2020). A New Symptom of COVID-19: Loss of Taste and Smell. *Obesity*, 28(5).
- Goodman-Bacon, A. (June de 2021). Difference-in-differences with variation in treatment timing. *Journal of Econometrics*.
- Hauser, A., Counotte, M. J., Margossian, C. C., Konstantinoudis, G., Low, N., Althaus, C. L., & Riou, J. (2020). Estimation of SARS-CoV-2 mortality during the early stages of an epidemic: A modeling study in Hubei, China, and six regions in Europe. *PLOS Medicine*, 17(7).
- Hernández, J. (2020, April). Aspectos clínicos relacionados con el Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SARS-CoV-2). *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 19.
- Hevia, C., & Neumeyer, A. (2020). *Un marco conceptual para analizar el impacto económico del COVID-19 y sus repercusiones en las políticas*. Universidad Torcuato Di Tella.
- Jara, X. (2018). Unemployment insurance and income protection in Ecuador. *WIDER Working Paper*, 151.

- Lai, C.-C., Shih, T.-P., Ko, W.-C., Tang, H.-J., & Hsueh, P.-R. (2020). Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 55(105924).
- Lau, H., Khosrawipour, V., Kocbach, P., Mikolajczyk, A., Schubert, J., Bania, J., & Khosrawipour, T. (2020, April). The positive impact of lockdown in Wuhan on containing the COVID-19 outbreak in China. *Journal of Travel Medicine*, 27(3).
- Liu, Z., Magal, P., Seydi, O., & Webb, G. F. (2020, March 25). A COVID-19 epidemic model with latency period. *Infectious Disease Modelling*, 5, 323-337.
- Maier, B., & Brockmann, D. (2020). Effective containment explains subexponential growth in recent confirmed COVID-19 cases in China. *Science*, 368, 742-746.
- Medeiros de Figueiredo, A., Daponte, A., Moreira, D., Saez, M., & Cabrera, A. (2020, April). Impact of lockdown on COVID-19 incidence and mortality in China: an interrupted time series study. *Bulletin of the World Health Organization*. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.20.256701>
- Peñafiel, L., Camelli, G., & Peñafiel, P. (2020). Pandemic COVID-19: Political - economic situation and health consequences in Latin America. *Ciencia UNEMI*, 13(33), 120-128.
- Roques, L., Klein, E. K., Papaix, J., Sar, A., & Soubeyrand, S. (2020, June 05). Impact of Lockdown on the Epidemic Dynamics of COVID-19 in France. *Front. Med.*, 7.
- Sanyaolu, A., Okorie, C., Marinkovic, A., Patidar, R., Younis, K., Desai, P., . . . Altaf, M. (June de 2020). Comorbidity and its Impact on Patients with COVID-19. *SN Comprehensive Clinical Medicine*, 2, 1069–1076.
- Song, H., Liu, F., Li, F., Cao, X., Wang, H., Jia, Z., . . . Jin, Z. (2020, March 31). The Impact of Isolation on the Transmission of COVID-19 and Estimation of Potential Second Epidemic in China. *Preprints*.
- Sun, L., & Abraham, S. (2020, December). Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects. *Journal of Econometrics*.
- Tian, H., Liu, Y., Li, Y., Wu, C.-H., Chen, B., Kraemer, M. U., . . . Yang, R. (2020, May). An investigation of transmission control measures during the first 50 days of the COVID-19 epidemic in China. *Science*, 368, 638-642.
- World Health Organization. (2020). *Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)*. World Health Organization.
- World Health Organization. (29 de January de 2021). *World Health Organization*. Recuperado el July de 2021, de Cronología de la respuesta de la OMS a la COVID-19: <https://www.who.int/es/news/item/29-06-2020-covidtimeline>
- Xiang, Y., Jia, Y., Chen, L., Guo, L., Shu, B., & Long, E. (2021, January 7). COVID-19 epidemic prediction and the impact of public health interventions: A review of COVID-19 epidemic models. *Infectious Disease Modelling*, Volume 6, 324-342.
- Zhou, F., Yu, T., Du, R., Fan, G., Liu, Y., Liu, Z., . . . Zhang, Y. (2020, MARCH 28). Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with

COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *THE LANCET*, 395, 1054-1062.

ANEXOS

Tabla A 1. Cantones por grupo de tratamiento

gvar = 20	gvar = 21	gvar = 22	gvar = 23	gvar = 24	gvar = 25	gvar = 26	gvar = 27
Daule	El Triunfo Loja Paute Samborondon Sigchos	Ambato Azogues Bolivar Calvas Canar Cuenca Gualaceo Guayaquil La Concordia La Libertad Lago Agrio Lomas de Sargentillo Machala Milagro Miguel de Los Bancos Santa Elena Santa Isabel Santo Domingo	Babahoyo Balzar Biblian Colimes Duran Empalme Ibarra Montufar Naranjal Naranjito Nobol Pastaza Pedro Carbo Pedro Moncayo Pinas Puerto Quito Quinsaloma Riobamba San Jacinto De Yaguachi San Miguel Santa Lucia Shushufindi Sigsig Simon Bolivar Urdaneta Valencia Ventanas	Alausi Alfredo Baquerizo Moreno Baba Chone Colta El Guabo Flavio Alfaro Guano Montalvo Montecristi Pasaje Pelileo Playas Pujili Quito Ruminahui Salinas Zaruma	Antonio Ante Atacames Buena Fe Cayambe Jama Jaramijo Jipijapa La Mana Latacunga Manta Pajan Palenque Pedernales Pillaro Puebloviejo Quevedo Rioverde Salcedo San Lorenzo Saraguro Taisha Tena Vinces	Archidona Arenillas Mocache Pangua Portoviejo Puerto Lopez Sucre Tosagua Zamora	Guamote Pichincha San Vicente Saquisilí
gvar = 28	gvar = 29	gvar = 30	gvar = 31	gvar = 33	gvar = 34	gvar = 36	

Camilo Ponce	Cotacachi	Otavalo	Baños	Mejía	Morona	Catamayo
Enriquez						
El Carmen	Eloy Alfaro			Quero	Quinindé	Macará
Esmeraldas	Huaquillas				Sucúa	Orellana
La Joya de los						Paltas
Sachas						
Loreto						
Muisne						
Rocafuerte						
Santa Ana						
Veinticuatro de						
Mayo						

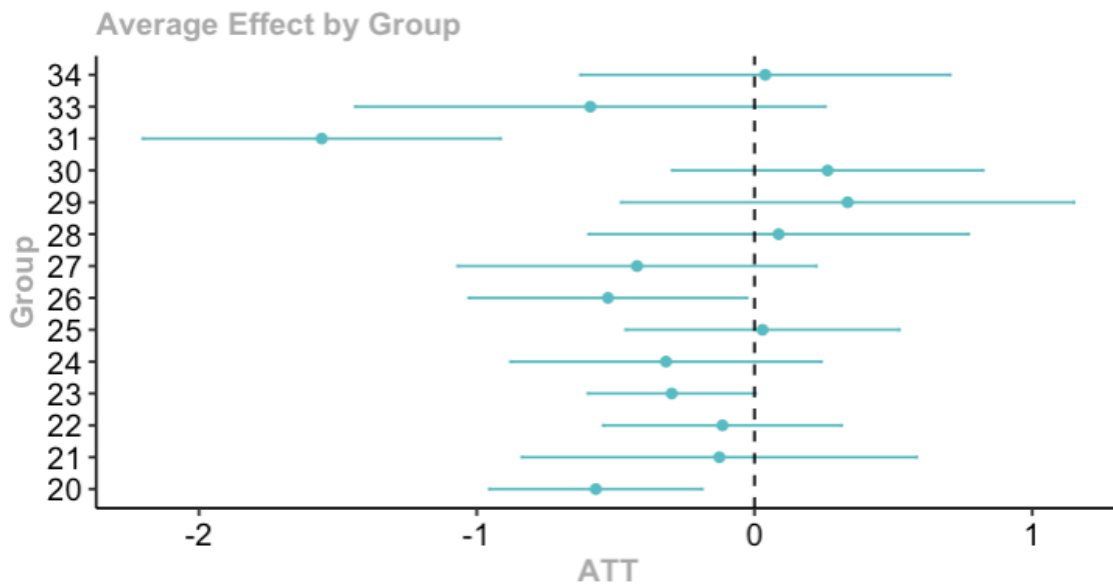


Figura A 1. Efecto promedio de tratamiento por grupo de tratamiento

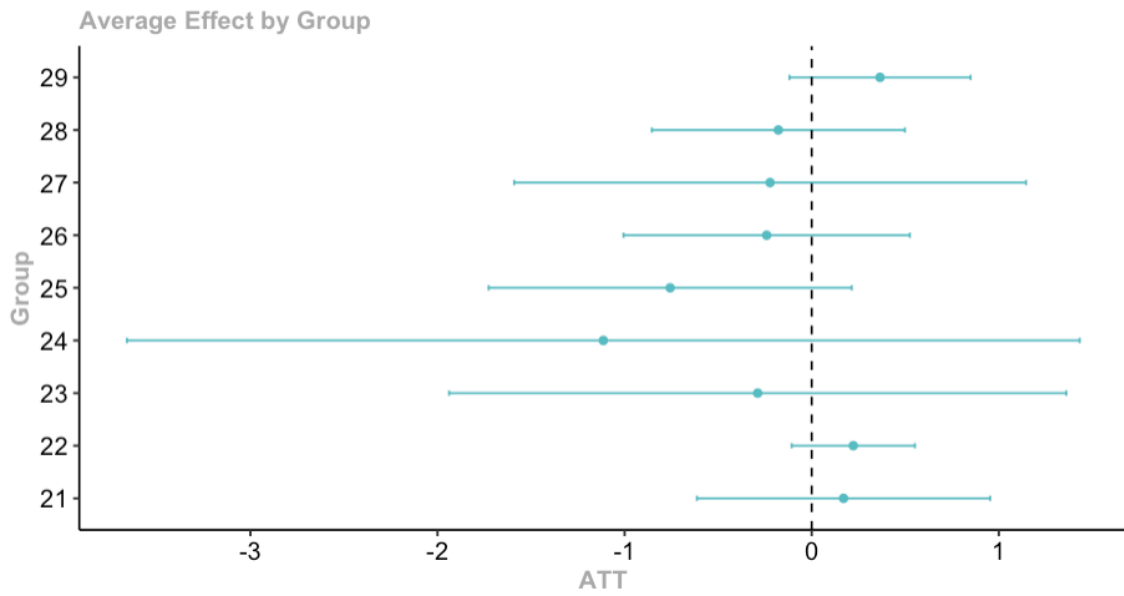


Figura A 2. Efecto promedio de tratamiento por grupo de tratamiento controlando por covariables incluyendo rezagos en la variable de nuevos casos positivos de COVID-19

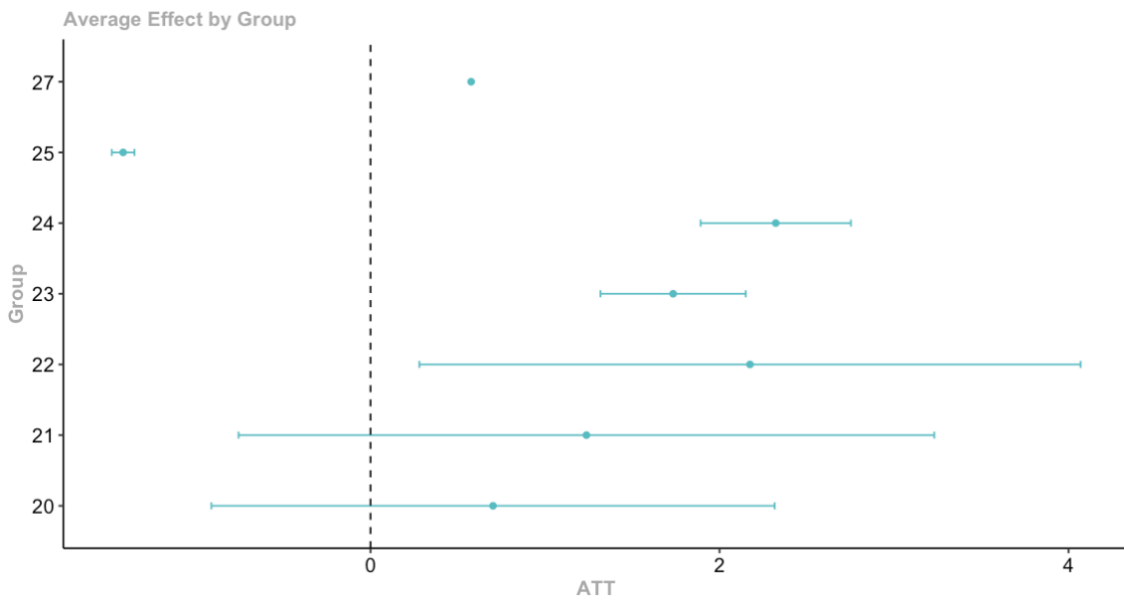


Figura A 3. Efecto promedio de tratamiento por grupo de tratamiento para las capitales provinciales

