



Rev Mex Med Forense, 2021, 6(1):44-57
DOI: <https://doi.org/10.25009/revmedforense.v6i1.2885>
ISSN: 2448-8011

Proyecciones matemáticas del COVID-19: simulación de escenarios para la elección 2021 en México

Artículo Original

COVID-19 mathematical projections: simulation of scenarios for the 2021 election in Mexico

Ortigoza-Capetillo, Gerardo Mario ¹; Lorandi-Medina, Alberto Pedro ¹

Recibido: 25 noviembre 2020; aceptado: 15 diciembre 2020; Publicado: 15 Enero 2021

1. Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana
Corresponding author: [Alberto Pedro Lorandi Medina, alorandi@uv.mx](mailto:alorandi@uv.mx)

Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud.
Editorial Universidad Veracruzana
Periodo enero-junio 2021

RESUMEN

En este trabajo analizamos escenarios hipotéticos para contagios de COVID-19 durante la elección 2021 en México. Del 2 de abril al 2 de junio 2021 se llevarán a cabo elecciones de diputados federales, diputados locales, gubernaturas y presidencias municipales en lo que es considerada como la elección más grande en la historia de México; se estima que las actividades de las campañas electorales y el día de la votación se incrementará la movilidad de las personas y con ello su riesgo de contagio por COVID-19. Usando datos históricos de razones de contagios se define la media de estos datos, su desviación estándar y mediante una distribución t-Student se obtiene un intervalo de 90% de confianza para la media. Se utilizan el centro y ambos extremos de este intervalo como tasas de incremento para simular el crecimiento de casos en dos periodos (primer mes: elección diputados federales; segundo mes: elección gubernaturas, diputados locales y ayuntamientos); se reportan simulaciones usando algoritmos de aprendizaje de máquina a 2 meses pasadas las elecciones.

Palabras clave: aprendizaje máquina, proyecciones COVID-19, elección 2021 México.

SUMMARY

In this work we analyze hypothetical scenarios for COVID-19 infections during the 2021 election in Mexico; from april 2 to june 2, 2021, elections for federal deputies, local deputies, governorships and municipal presidencies will be held in what is considered the largest election in Mexico's history; it is estimated that the activities of the electoral campaigns and the election day will increase the mobility of people and with it their risk of contagion by COVID-19. Using historical data on infection rates, the mean of these data is defined, its standard deviation and a t-Student distribution is used to obtain a 90% confidence interval for the mean. The center and both ends of this interval are used as rates of increase to simulate the growth of cases in two periods (first month; election of federal deputies; second month; election of governorships, local deputies and municipalities), simulations are reported using machine learning algorithms 2 months after the elections.

Keywords: machine learning, COVID-19 projections, Mexico 2021 election

INTRODUCCIÓN

Al momento de escribir este trabajo, se han confirmado alrededor de 110 millones de casos de COVID-19 en el mundo con más de 2.3 millones de decesos (World-Health-Organization, WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard, 2021); en el continente americano, los casos confirmados son de casi 48 millones con más de 1.2 millones de fallecimientos (World-Health-Organization, WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard, 2021) y para el caso de México, se tienen casi 2 millones de casos confirmados y cerca de 170 mil defunciones (Gobierno de México, 2021).

A pesar de que actualmente hay más de 60 vacunas candidatas en desarrollo clínico (World-Health-Organization, COVID-19 vaccines, 2021), de las cuales están aprobadas y se están aplicando al menos 7 de ellas (Pfizer/BioNTech, Moderna, Sputnik V, AstraZeneca/Oxford, CanSinoBIO, Sinopharm y Sinovac), las concentraciones de personas en grandes eventos donde los asistentes no usen caretas y mascarillas, o no practiquen el distanciamiento social adecuado, presentan un riesgo sustancial de contagios que podrían convertirse en focos de aumento de propagación, complicando gravemente todos los esfuerzos que se hacen para controlar la pandemia; precisamente en este rubro, las campañas políticas pueden dar lugar a dichos focos de contagios si no se toman las medidas pertinentes (Bernheim, 2020; Dave, 2020; CNN, 2021; STAT; 2020; Los Angeles Times, 2021; Expansión Política, 2021; Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2021) donde inclusive se mencionan candidatos fallecidos.

En México, a partir de las primeras semanas de marzo y abril y durante el mes de mayo, se llevarán a cabo las campañas electorales para las elecciones del domingo 6 de junio, la más grande en la historia del país (ver Figura 1), con 15 gubernaturas, 30 congresos locales y muchos ayuntamientos. Para el caso de las 300 diputaciones, las fechas de campañas son del 4 de abril al 2 de junio de 2021 (INE, Elección Federal 2021, 2021), para las gubernaturas de Colima, Guerrero, Nuevo León, San Luis Potosí y Sonora el proceso iniciará el 5 de marzo, mientras que para el resto el 4 de abril, todas con una duración de 60 días, fechas que también aplican para ayuntamientos y congresos locales; por ello resulta de interés desarrollar un estudio de escenarios, para tratar de predecir el impacto de los mítines electorales en la propagación de la COVID-19, haciendo una serie de predicciones usando datos históricos catorcenales de las tasas de crecimiento, y estimar el posible crecimiento en el número de contagios durante los meses de campaña, así como su efecto un mes después de estas.



Figura 1. Calendario de Elecciones del 6 de Junio del 2021

Es importante mencionar que, a diferencia de otros países, en México no hay voto por correspondencia (correo postal) salvo los mexicanos que viven en el extranjero y que no influyen en el número de contagios durante el proceso electoral. Es bien sabido que en procesos pasados se ha presentado el fenómeno del acarreo de votantes, o traslado de personas, por parte de dirigentes políticos, con el fin de que depositen el voto a su partido en las casillas electorales el día de la elección (Comelius, 2002; Freidenberg, 2016; Infante, 2005), que para efectos de la pandemia es un factor importante en la elevación del número de contagios si no se cuidan las medidas establecidas. En este trabajo proponemos escenarios donde hipotéticamente se asume que durante el periodo de elección abril a mayo 2021 se podría tener un incremento en el número de casos debido a las actividades de las campañas políticas (visitas y capacitaciones de los representantes de casillas, promoción del voto casa por casa, mítines y reuniones políticas, acarreo y aglomeraciones el día de la elección, etc.)

Las figuras 2 y 3 son una muestra del proceso de acarreo mencionado y la figura 4 nos muestra los casos COVID-19 para los estados de Coahuila e Hidalgo; ambos estados tuvieron su elección el domingo 18 de octubre del 2020; sus campañas electorales fueron durante el periodo del 5 de septiembre al 14 de octubre 2020; Coahuila eligió su congreso local mientras que Hidalgo, sus presidencias municipales.

En la figura se muestran (en rojo) los días correspondientes a la campaña; podemos observar para Coahuila un incremento de casos COVID-19 durante la campaña, no así para Hidalgo. Sin embargo, en ambos estados antes del periodo de campaña, se observaba una tendencia a la baja de casos COVID-19 misma que cambió; así después de las campañas electorales ambos estados registraron incrementos en los números de casos COVID-19.



Figura 2 Periódico Reforma: Claudia Guerrero y Evelyn Cervantes. Cd. de México (11 agosto 2019)



Figura 3. Prensa Libre. Claudia Palma y Manuel Hernández (Publicado el 6 de septiembre de 2015 a las 15:09h)

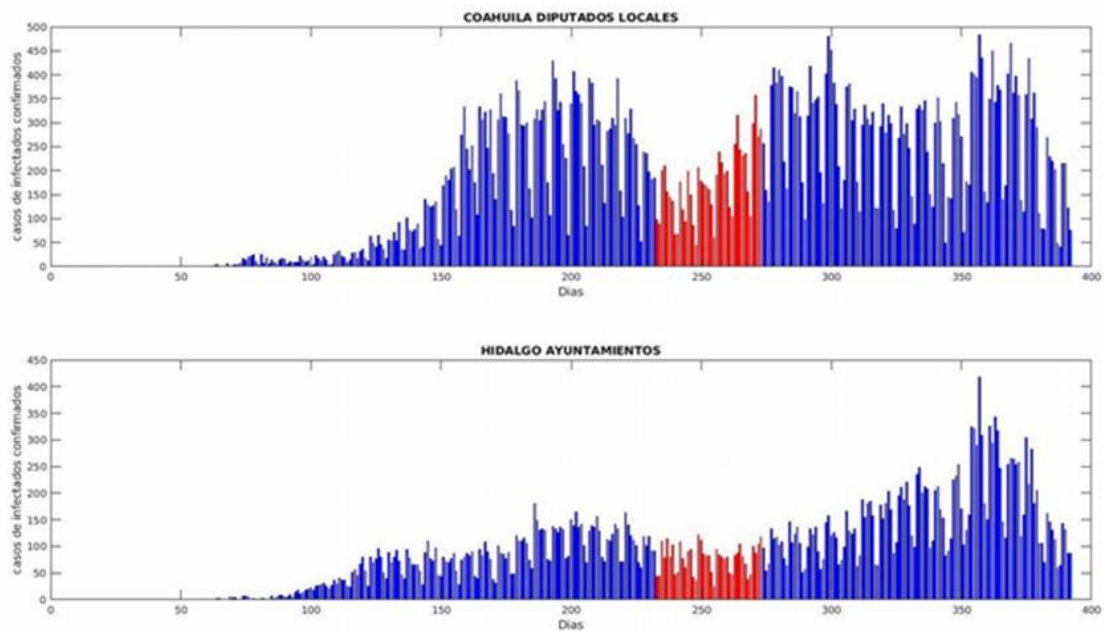


Figura 4. Casos confirmados Coahuila e Hidalgo elección octubre 2020

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de Datos y Modelo para Proyección

La tabla 1 muestra los datos de infectados confirmados por COVID-19 en México de la semana 9 (2020) a la semana 59 (semana 6 2021) agrupados por catorcenas.

<i>Semana</i>	<i>Infectados</i>
9	4
11	37
13	807
15	3,371
17	9,623
19	19,618
21	32,446
23	47,763
25	61,682
27	76,963
29	87,027
31	95,280
33	83,521
35	73,998
37	72,261
39	62,458
41	87,897
43	72,472
45	75,138
47	70,750
49	135,707
51	145,280
53	129,869
55	186,714
57	226,972
59	131,465

Tabla 1. Casos confirmados de infectados por catorcena

Con los datos de la tabla 1, calculamos las tasas o razones de crecimiento de los casos (número de casos de la catorcena actual dividido por el número de casos de la catorcena anterior), obtenemos así un conjunto de 17 datos para las razones de crecimiento todos números mayores que 1. Hacemos una inspección para identificar y remover datos atípicos (al inicio de la pandemia las tasas de crecimiento son muy grandes). Obtenemos así un vector de 14 datos. El valor mínimo de estos datos es 1.0367, su máximo es 2.8546, la media es 1.4907, su mediana 1.3493 y su desviación estándar 0.4979. A continuación, mediante una distribución t-Student se obtiene un intervalo de 90% confianza para la media dado por [1.2550, 1.7263]. Se utilizan el centro $C=1.4907$, y ambos extremos $Li=1.2550$, $Ld=1.7263$ de este intervalo como tasas de incremento para simular el crecimiento de casos en dos periodos (primer mes: elección diputados federales; segundo mes: elección gubernaturas, diputados locales y ayuntamientos); se reportan simulaciones usando algoritmos de aprendizaje de máquina a 8 semanas pasadas las elecciones. La figura 5 nos presenta gráficamente la incidencia bisemanal de casos confirmados de la tabla 1; en las dos semanas finales podemos observar una tendencia de descenso.

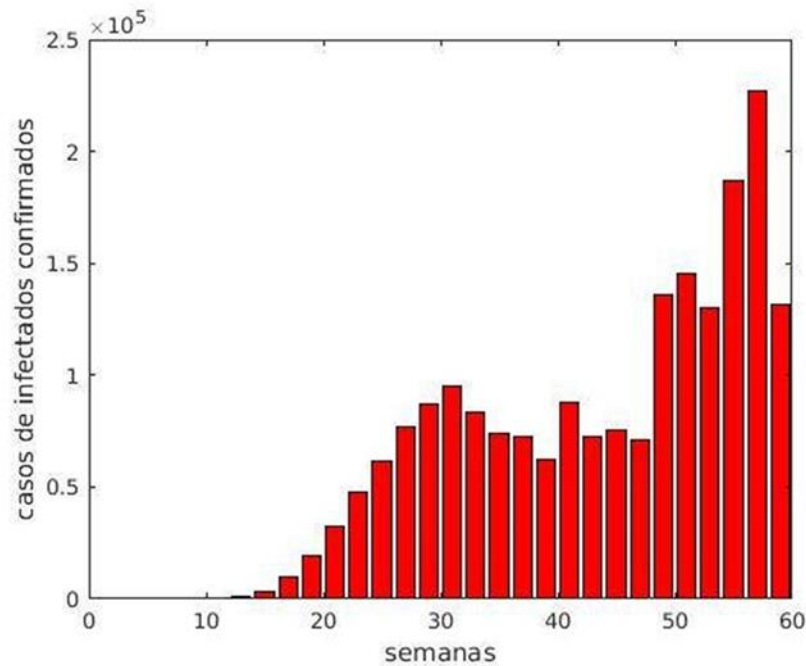


Figura 5. Casos confirmados de infectados por catorcena

Función de predicción usando un método de aprendizaje de máquina

El aprendizaje automático o aprendizaje máquina utiliza algoritmos programados que reciben y analizan datos de entrada para predecir los valores de salida dentro de un rango aceptable. Diversos paquetes comerciales como Wolfram© Mathematica©, Maple© y Matlab© tienen incorporadas librerías para “entrenar” los datos y crear una función o modelo predictivo, por ejemplo (Ortigoza & Lorandi, 2021) reportan proyecciones para los casos de infectados y defunciones COVID-19 en México usando modelos de aprendizaje máquina entre otros. Usando los datos de la tabla 1 (semanas 9 a la 59) y con la ayuda de la función Predict de Mathematica© entrenamos los datos (incidencia bisemanal) para obtener una función de predicción. La figura 6 muestra los datos (en rojo) y la función de predicción (en azul) hasta la semana 66. Identificamos dos periodos el primero comprendido por las semanas 67-70 (mes de abril) y el segundo de las semanas 71-74 del mes de mayo, evaluamos así los resultados que diversos escenarios producirían en las semanas 75-81 (meses de junio y julio).

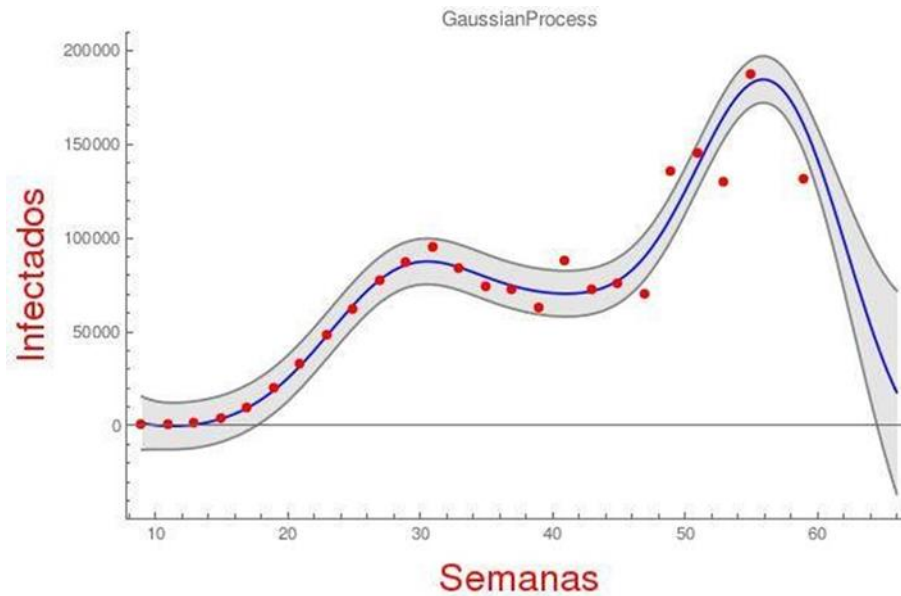


Figura 6 Proyección machine learning casos de infectados a la semana 66

La proyección de aprendizaje máquina sugiere un descenso de los casos de las semanas 60 a la 66. La función de predicción evaluada en 65 produce la cantidad de 34,207 casos.

RESULTADOS

Simulaciones numéricas

Proponemos nueve escenarios hipotéticos, donde Li es la cota inferior, Ld la cota superior y C es el centro del intervalo de confianza alrededor de la media.

escenario	periodo 1	periodo 2
1	Li	Ld
2	Li	C
3	Li	Li
4	C	Ld
5	C	C
6	C	Li
7	Ld	Ld
8	Ld	C
9	Ld	Li

Tabla 2. Escenarios hipotéticos

Tomando como punto de partida la proyección a la semana 65, así acorde con la tabla 2 usamos como razones de crecimiento los valores extremos y centro del intervalo para generar valores para las semanas 67, 69, 71 y 73. La tabla 3 resume los valores obtenidos usando estas razones de crecimiento para las semanas 67 a 73. Más aún, se incluyen valores obtenidos con las proyecciones aprendizaje máquina para el periodo de las semanas 75 a la 81.

semana	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 7	Escenario 8	Escenario 9
67	42,930	42,930	42,930	50,992	50,992	50,992	59,052	59,052	59,052
69	53,877	53,877	53,877	76,014	76,014	76,014	101,941	101,941	101,941
71	93,008	80,314	67,615	131,223	113,315	95,398	175,980	151,963	127,936
73	160,559	119,725	84,857	226,530	168,918	119,724	303,795	226,532	160,560
75	201,419	139,921	90,164	290,632	196,861	124,477	404,282	266,580	166,440
77	227,064	150,410	90,959	332,243	208,237	121,133	479,687	282,617	126,213
79	224,818	146,829	88,627	332,674	197,811	112,208	502,343	267,996	92,775
81	200,033	133,217	85,155	296,877	172,576	101,762	469,728	231,407	82,502

Tabla 3. Escenarios hipotéticos durante las campañas electorales y los resultados producidos a dos meses

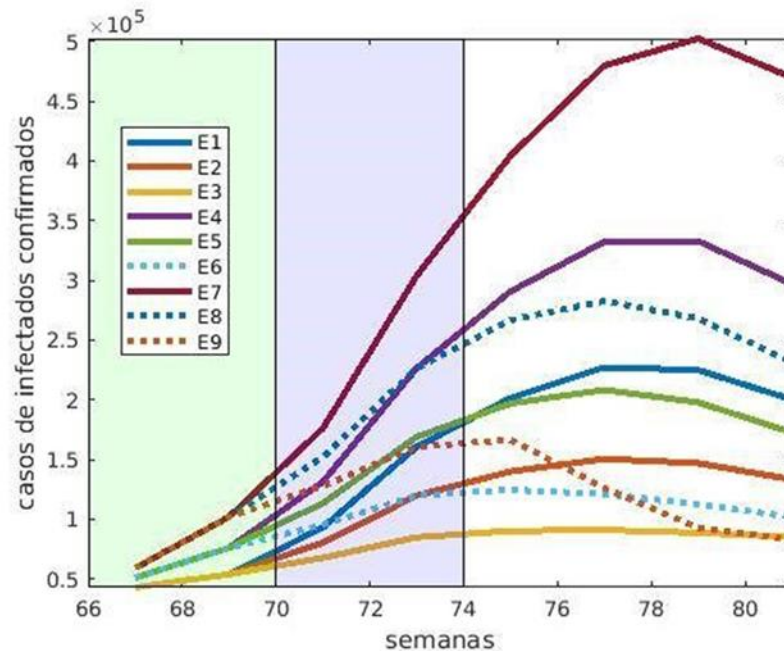


Figura 7. Escenarios hipotéticos durante las campañas electorales y los resultados producidos a dos meses

La figura 7 nos muestra los 9 escenarios, los periodos 1 y 2 se muestran sombreados de color verde y azul respectivamente, el peor escenario es el 7 donde en ambos periodos el crecimiento es máximo, el escenario más favorable es el 3 donde las tasas de crecimiento son mínimas. Los escenarios 6, 8 y 9 marcados en líneas punteadas representan escenarios en donde la tasa de crecimiento del segundo periodo es menor a la del primer periodo y representa situaciones donde el gobierno después de observar el crecimiento del primer periodo toma medidas restrictivas que reducen la tasa de crecimiento del segundo periodo.

Todos los escenarios propuestos dan lugar al surgimiento de una tercera ola; esta ola de contagios puede controlarse (hacer que disminuya) si se identifica oportunamente en el primer periodo y se toman medidas más restrictivas para el segundo periodo.

La figura 8, muestra un comparativo del tamaño actual de los datos la pandemia en México con la magnitud que podría alcanzar la tercera ola después producida por las campañas electorales; se muestran escenarios promedio, así como el mejor y peor escenario.

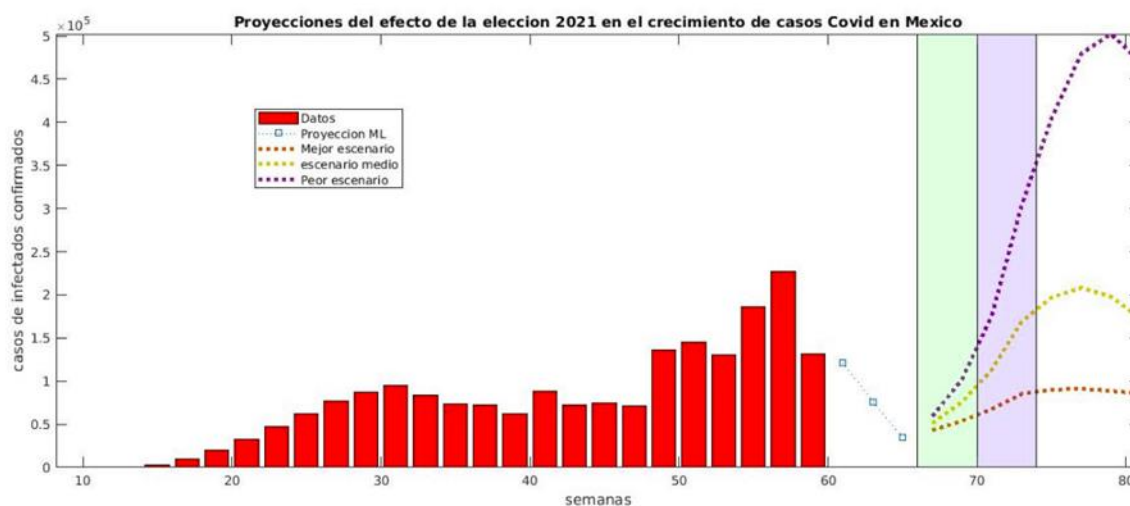


Figura 8. Comparativo del tamaño actual de los datos la pandemia en México con la magnitud que podría alcanzar la tercera ola después producida por las campañas electorales.

DISCUSIÓN

Usando datos de las semanas 9 a la 59, se ha utilizado algoritmos de aprendizaje máquina para realizar una proyección a la semana 66; la función de predicción obtenida nos muestra un descenso.

Las curvas epidémicas para los estados de Coahuila e Hidalgo, muestran que las campañas electorales de octubre 2020 produjeron un incremento en el número de casos del periodo de un mes después de la elección. Tomamos los datos históricos catorcenales para estimar tasas de crecimiento, removemos datos atípicos y calculamos un intervalo de confianza del 90% para la media. Así proponemos tres tasas de crecimiento para dos periodos, calculamos el número de infectados durante las campañas electorales, agregamos estos datos a los históricos para generar una proyección a dos meses pasadas las elecciones

Conclusiones

Con datos históricos de COVID-19 en México hemos calculado un intervalo del 90% de confianza para la media de estos datos. Asumimos tres tasas de crecimiento de casos para dos periodos y hacemos proyecciones con algoritmo de aprendizaje máquina para dos meses pasadas las elecciones. En todos los escenarios observamos que se genera una nueva ola de contagios; esta ola puede ser controlada (hacer que disminuya) si oportunamente es identificado el crecimiento durante el primer periodo y se imponen medidas más restrictivas para el segundo periodo. Se recomienda se mantenga un estricto monitoreo de las tasas de crecimiento de contagios durante el periodo de campañas.

En todo momento se debe tener en cuenta que las campañas electorales, por las características propias que las definen: reuniones masivas, visitas a casas, aglomeraciones y acarreo el día de la elección, definitivamente activarán de gran manera la movilidad de la población. Pueden presentarse diferentes escalas de movilidad; para elecciones municipales se tendrían contagios locales en zonas muy geo localizadas dentro de demarcaciones municipales, pero para el caso de las diputaciones locales y federales la movilidad de los candidatos y sus equipos de campaña abarca varios municipios, incrementando su alcance geográfico y con ello la dispersión de la enfermedad. Este estudio está generalizado a todo el territorio nacional; como extensiones se pueden mencionar estudios más detallados que pueden realizarse en cada estado en particular, donde se identifican cuantas y cuáles son las elecciones y se cuantifican las tasas de crecimiento de casos de acuerdo a la movilidad esperada.

En este estudio se asume que para el día de inicio de las elecciones el número de contagios COVID-19 es bastante grande, y la movilidad podría acelerar la epidemia. Son escenarios hipotéticos pues podría darse el caso que para el día de inicio de las campañas la epidemia haya desaparecido (cero contagios). No se considera el caso de inmunidad por vacunación ya que a la fecha que se redacta este documento México apenas alcanza 0.59 % de su población vacunada (El-SEO, 2021).

REFERENCIAS

1. Bernheim, B., Buchmann, N., Freitas-Groff, Z., & Otero, S. (2020). The effects of large group meetings on the spread of COVID-19: The case of Trump rallies. Stanford Institute for Economic Policy Research (SIEPR), 1-15.
2. CNN. (4 de febrero de 2021). No social distancing and few masks as crowd waits for Trump rally in Nevada. Obtenido de <https://edition.cnn.com/2020/09/12/politics/trump-nevada-rally-face-masks-social-distancing/index.html>
3. Comelius, W. (2002). La eficacia de la compra y coacción del voto en las elecciones mexicanas de 2000. *Perfiles latinoamericanos: revista de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede México*, 10(20), 11-31.
4. Dave, D., Friedson, A., Matsuzawa, K., McNichols, D., Redpath, C., & Sabia, J. (2020). Risk aversion, offsetting community effects, and COVID-19: Evidence from an indoor political rally. *National Bureau of Economic Research.*, 1-65.
5. El-SEO. (15 de febrero de 2021). ¿Cuántas personas se han vacunado contra covid-19 en mexico y el mundo? así va el proceso. Obtenido de <https://elceo.com/internacional/cuántas-personas-se-han-vacunado-contra-covid-19-en-mexico-y-el-mundo-asi-va-el-proceso/>
6. Expansión-Política. (12 de febrero de 2021). Sergio Torres: El COVID-19 será el gran factor en las elecciones de 2021. Obtenido de <https://politica.expansion.mx/mexico/2020/12/20/voces-sergio-torres-el-covid-19-sera-el-gran-factor-en-las-elecciones-de-2021>
7. Freidenberg, F., & Aparicio, F. (2016). México 2015: Entre la fragmentación partidista y el descontento ciudadano. *Revista de ciencia política (Santiago)*, 36(1), 219-238.
8. Gobierno-de-México. (2021). Retrieved febrero 2, 2021, from COVID-19 México: <https://datos.covid-19.conacyt.mx/>
9. INE. (2021). Retrieved febrero 2, 2021, from Elección Federal 2021: <https://www.ine.mx/voto-y-elecciones/elecciones-2021/eleccion-federal-2021/>
10. INE. (2021, febrero 2). Elecciones 2021. Retrieved from Mapa de Elecciones 2021: <https://www.ine.mx/wp-content/uploads/2020/08/002-mapa-Electoral-2021-1.pdf>
11. Infante, J. (2005). Elecciones en México: restricciones, fraudes y conflictos. *CONfinés de relaciones internacionales y ciencia política*, 1(2), 65-78.
12. Los-Angeles-Times. (9 de febrero de 2021). Super-spreading Trump rallies led to more than 700 COVID-19 deaths, study estimates . Obtenido de <https://www.latimes.com/science/story/2020-10-31/super-spreading-trump-rallies-led-to-more-than-700-covid-19-deaths-study>

13. Ortigoza-Capetillo, G., & Lorandi-Medina, A. (2021). Mathematical Projections for COVID-19 Cases in Mexico. *Revista Mexicana de Medicina Forense* (sometido en 2021), 1-12.
14. STAT. (6 de febrero de 2020). Community outbreaks of Covid-19 often emerge after Trump's campaign rallies. Obtenido de <https://www.statnews.com/2020/10/16/trump-campaign-rallies-leave-a-trail-of-community-outbreaks/>
15. Universidad-Autónoma-del-Estado-de-Hidalgo. (11 de febrero de 2021). Elecciones en tiempos de COVID-19. Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/gaceta/2/numero22/diciembre/elecciones.html>
16. World-Health-Organization. (2021). Retrieved febrero 2, 2021, from COVID-19 vaccines: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/covid-19-vaccines>
17. World-Health-Organization. (2021). Retrieved febrero 2, 2021, from WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard: <https://covid19.who.int/>



**Revista Mexicana de Medicina Forense
y Ciencias de la Salud**