

**AJUSTE CUADRÁTICO; UN MODELO
MATEMÁTICO ALTERNATIVO QUE PROYECTA
CONTAGIOS POR COVID-19 EN HONDURAS**

AJUSTE CUADRÁTICO; UN MODELO MATEMÁTICO ALTERNATIVO QUE PROYECTA CONTAGIOS POR COVID-19 EN HONDURAS

1

MSc Ing. Osman Joel Avilez Vasquez

Resumen

El siguiente artículo resume el planteamiento de un modelo matemático alternativo que permite generar una proyección de contagios positivos por COVID-19 específicamente para HONDURAS. Para la elaboración del siguiente artículo se toma en consideración la relación social del virus desde que se generó el primer contagio positivo según el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo SINAGER, órgano oficial encargado por ley de gestionar la organización en relación a la bioseguridad y prevención en el país. Es un modelo matemático que trabaja en función de los días que trascurren los casos positivos por COVID-19, el cual surge de la observación de los primeros quince días desde el primer caso positivo oficial. Para ello se consideró una introducción que permite relacionar la naturaleza de algunas pandemias en el pasado y la base matemática utilizada para gestionar el modelo matemático. Así mismo, se presenta un objetivo general, dos específicos, dos preguntas de investigación a alcanzar y la justificación e importancia de un modelo matemático que se ajuste a la realidad nacional. Para la metodología se implementó la base matemática de mentes brillantes como Arien Marien Legendre y Karl Friedrich Gauss logrando alcanzar un modelo o ajuste cuadrático que generó proyecciones para los próximos cuarenta, sesenta y noventa días. Finalmente se presentan dos conclusiones y tres recomendaciones enfocadas en la realidad nacional.

Abstract

The following article summarizes the approach of an alternative mathematical model that allows to generate a projection of positive infections by COVID-19 specifically for HONDURAS. For the elaboration of the following article, the social relationship of the virus is taken into account since the first positive contagion was made official according to the National Risk Management System SINAGER, the official entity entrusted by law to manage the organization in relation to biosecurity and prevention in the country. It is a mathematical model that works based on the days that the positive cases elapse by COVID-19, which arises from the observation of the first fifteen days from the first official positive case. For this, an introduction was considered that allows relating the nature of some pandemics in the past and the mathematical basis used to manage the mathematical model. Likewise, a general objective, two specific objectives, two research questions to be achieved and the justification and importance of a mathematical model that adjusts to the national reality are presented. For the methodology, the mathematical base of brilliant minds such as Arien Marien Legendre and Karl Friedrich Gauss were implemented, achieving a quadratic model or adjustment that generated projections for the next forty, sixty and ninety days. Finally, two conclusions and three recommendations are presented focused on the national reality.

Key words: Model, projection, COVID-19, positive, infections, pandemics, biosecurity, prevention.

¹ Tegucigalpa, Honduras. Facultad de Ingeniería Civil Teléfono: (504) 2225 74 55. Email: Joel.Avilez @upi.edu.hn

Introducción

La Real Academia Española (RAE) en su actualización del año 2019, define una pandemia como una enfermedad epidémica que se extiende a muchos países o que ataca a todos los individuos de una localidad o región. Por su parte la Organización Mundial para la Salud OMS (2010) sostiene que una pandemia es la propagación mundial de una nueva enfermedad. En vista de lo anterior se habla de un problema de carácter mundial que involucra todas las naciones del mundo.

Las pandemias se han desarrollado a lo largo de la historia teniendo su brote o epicentro en diversas partes del mundo; tal es el caso de: la viruela en el siglo dieciocho, cuyos primeros registros datan de hace más de 3000 años, la gripe española entre 1918 y 1920, la peste negra a mediados del siglo catorce, el Virus de inmunodeficiencia humana (VIH), la plaga del Justiniano en el siglo dieciséis. La tercera pandemia en el siglo diecinueve, el tifus o fiebres tifoideas, el cólera en el siglo diecinueve y veinte, la gripe de Hong Kong a finales en 1957. Todas ellas con un factor común; han provocado la muerte de millones de personas en todo el mundo El Clarín (2020).

El mundo se enfrenta nuevamente a una pandemia de carácter mundial, en ese sentido la OMS (2019) advierte que el nuevo coronavirus cuyo origen resalta en la ciudad China de Wuhan capital de la provincia de Hubei, proviene de una extensa familia de virus que puede causar enfermedades tanto en humanos como en animales, siendo para los humanos letal, ya que la mayoría de ellos provoca infecciones respiratorias. Así mismo, la OMS (2019) explica particularmente que el nuevo COVID-19, cuyo nombre se formó por la fusión de las palabras corona-virus y disease (enfermedad en inglés), mientras que el número 19 se debe al año de su brote. Los síntomas más comunes de esta enfermedad son: fiebre, cansancio y tos seca. El virus es letal debido a que su forma de propagación, es a través de gotículas procedentes de la boca o nariz que salen esparcidas cuando una persona infectada por el virus tose o exhala. OMS (2019)

La gotículas poseen un diámetro promedio de 5-10 micras lo que hace que el virus sea uno de los de mayor tamaño, es por eso que las gotículas al caer en superficies que rodean personas, permiten que otros humanos sean infectados con mayor facilidad. Esa es la razón por la cual, la medida número uno recomendable es la cuarentena obligatoria OMS (2019).

Este virus permite reflexionar sobre la vulnerabilidad del mundo y una forma de comprender estos fenómenos es mediante el análisis de modelos producto de observaciones con los primeros sucesos. Los científicos del mundo están comprometidos cada vez que ocurren fenómenos que permitan generar información clara. Por tal razón, los modelos más útiles y precisos para analizar la realidad son los modelos matemáticos. Es importante mencionar que un modelo matemático permite analizar, generar y describir información para que posteriormente se pueda proyectar una tendencia bajo ciertas condiciones controladas Pérez (2017).

Mínimos cuadráticos: Ajuste cuadrático

Este método originalmente fue propuesto por Arien Marien Legendre en el año de 1805 y posteriormente Karl Friedrich Gauss lo consolidó en el año de 1829 con éxito, el cual llamó; teorema de Gauss-Márkov. El método plantea determinar la mejor curva que se ajuste al criterio de que la sumas de las distancias encontradas que hay entre el valor de la función que aproxima $P(X_n)$, y el valor de la función $F(X_n)$ dada en la tabla, sea mínima.

$$P_n(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0,$$

Imagen 1 : Polinomio General, Burden, Faires y Burden (2016)

El método consiste en seleccionar inicialmente las constantes $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ para reducir el error, de forma que su comportamiento se muestra en la siguiente imagen:

$$\begin{aligned} E &= \sum_{i=1}^m (y_i - P_n(x_i))^2 \\ &= \sum_{i=1}^m y_i^2 - 2 \sum_{i=1}^m P_n(x_i) y_i + \sum_{i=1}^m (P_n(x_i))^2 \\ &= \sum_{i=1}^m y_i^2 - 2 \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=0}^n a_j x_i^j \right) y_i + \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=0}^n a_j x_i^j \right)^2 \\ &= \sum_{i=1}^m y_i^2 - 2 \sum_{j=0}^n a_j \left(\sum_{i=1}^m y_i x_i^j \right) + \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^n a_j a_k \left(\sum_{i=1}^m x_i^{j+k} \right) \end{aligned}$$

Imagen 2: Simplificación del error por mínimos cuadrados, Burden, Faires y Burden, (2016)

Es importante mencionar que para minimizar el error E, es decir reducirlo a cero, es necesario derivar parcialmente el mismo, respecto a cada a_j ; como se evidencia a continuación:

$$0 = \frac{\partial E}{\partial a_j} = -2 \sum_{i=1}^m y_i x_i^j + 2 \sum_{k=0}^n a_k \sum_{i=1}^m x_i^{j+k}.$$

Imagen 3: Derivada parcial de error mínimo respecto a cero, Burden, Faires y Burden, (2016)

Como se puede observar las ecuaciones normales con $n + 1$ incógnitas en su forma general:

$$\sum_{k=0}^n a_k \sum_{i=1}^m x_i^{j+k} = \sum_{i=1}^m y_i x_i^j, \quad \text{para cada } j = 0, 1, \dots, n.$$

Imagen 4: Ecuación general de incógnitas a_j , Burden, Faires y Burden, (2016)

Esta matriz resultante en el caso particular de la investigación, será de grado dos; aunque las incógnitas pueden ser determinadas por los métodos de eliminación de Gauss, la regla de Cramer, la matriz inversa, el método de Montante o por el método de Gauss-Jordan entre otros. Se puede observar a continuación la matriz general de incógnitas:

$$\begin{aligned}
 a_0 \sum_{i=1}^m x_i^0 + a_1 \sum_{i=1}^m x_i^1 + a_2 \sum_{i=1}^m x_i^2 + \cdots + a_n \sum_{i=1}^m x_i^n &= \sum_{i=1}^m y_i x_i^0, \\
 a_0 \sum_{i=1}^m x_i^1 + a_1 \sum_{i=1}^m x_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^m x_i^3 + \cdots + a_n \sum_{i=1}^m x_i^{n+1} &= \sum_{i=1}^m y_i x_i^1, \\
 &\vdots \\
 a_0 \sum_{i=1}^m x_i^n + a_1 \sum_{i=1}^m x_i^{n+1} + a_2 \sum_{i=1}^m x_i^{n+2} + \cdots + a_n \sum_{i=1}^m x_i^{2n} &= \sum_{i=1}^m y_i x_i^n.
 \end{aligned}$$

Imagen 5: Matriz general de incógnitas a_j , Burden, Faires y Burden, (2016)

Siempre que exista un comportamiento de datos de la siguiente forma, perfectamente se puede diseñar un modelo cuadrático cuyo grafico final se puede observar a continuación:

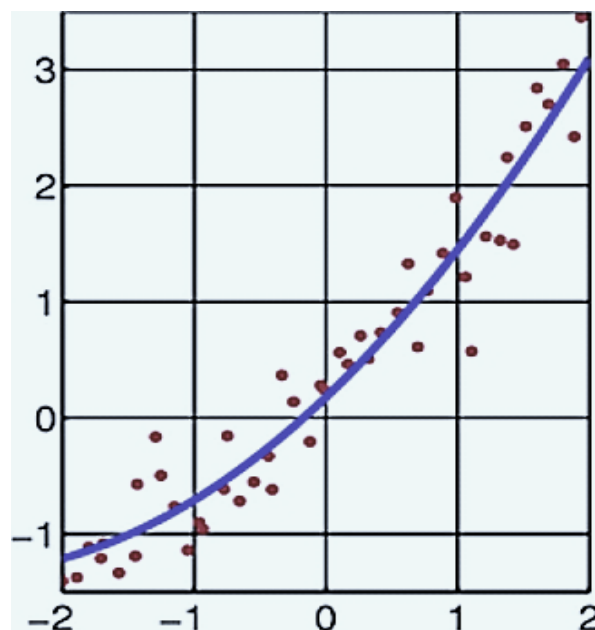


Imagen 6: Grafico teórico de un comportamiento cuadrático, Burden, Faires y Burden, (2016)

Justificación.

Los ojos del mundo están puestos sobre la pandemia mundial generada por el COVID-19, misma que hasta la fecha, ha dejado más de tres millones ochocientos mil personas contagiadas a su paso, así mismo, también más de doscientas sesenta y ocho mil muertes a nivel mundial como se observa en el mapa mundial que proyecta la Escuela de Medicina Johns Hopking de Estados Unidos en tiempo real JHU&M (2020). Estas cifras han logrado paralizar el movimiento natural de la sociedad manteniendo un estado de sitio en todas las ciudades del mundo desde el pasado mes de diciembre en el que se declaró pandemia mundial.

Desde su declaración como pandemia mundial la propagación del virus COVID-19 ha provocado diversos fenómenos sociales como la adopción de nuevas culturas de bioseguridad el cierre de la economía mundial, la caída del precio del barril de petróleo, el cierre en su totalidad de la educación presencial y la producción de alimentos, el cierre de casi todo el transporte colectivo así como de las fronteras y aeropuertos a nivel mundial, pero sobre todo; ha puesto en evidencia los sistemas sanitarios de cada país en el mundo. En ese sentido, organismos mundiales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) lucha de frente para que se vele por el bienestar de todos los humanos ya que la alimentación, la educación, salud, seguridad y vivienda, que son derechos fundamentales en el mundo se ven frágiles en estos momentos Tauli (2020) vocera oficial de la ONU. Es por esta razón que los seres humanos deben aprender adaptarse y vivir con los efectos que va dejando atrás la pandemia, mientras que su entorno se va reactivando.

La reactivación de la economía mundial es el próximo de los pasos que surge en medio de los efectos más drásticos de la pandemia, ya que muchas economías en el mundo no están preparadas para retornar a su estado habitual, para ello los sectores deben de cumplir con criterios de bioseguridad que son respaldados por proyecciones de contagios de cada lugar donde se lleve a cabo la reactivación. En gran medida la apertura de la economía parte del tiempo en que finalice la fase de los contagios masivos y desarrollar nuevamente la capacidad del contacto social, con el nuevo componente que impida generar un nuevo repunte de contagios masivos Rodríguez (2020). El análisis del tiempo respecto a otras variables como lo menciona el columnista Rodríguez (2020) es un elemento que ha fascinado generaciones de matemáticos que buscan en medio de los fenómenos la comprensión de futuras predicciones objetivas que permitan normalizar procesos sociales y sobre todo interdisciplinarios Diaz, Torres, Marín y Lopez (2017). Esta es la razón fundamental que motiva el análisis de un modelo y proyección con características propias para este país.

Objetivos.

Objetivo General.

- Plantear un modelo matemático nativo producto de la realidad nacional que proyecte el número de contagios en función de los primeros casos positivos oficializados.

Objetivos Específicos.

- Generar un modelo matemático alternativo de Honduras en función del comportamiento de casos positivos oficiales de los primeros quince días.
- Proyectar el número de contagios positivos de COVID-19 que se ajuste a la realidad nacional en un lapso de cuarenta días, sesenta y noventa días.

Pregunta de Investigación

¿Se podrá generar un modelo matemático de contagios por COVID-19 en territorio nacional?

¿Se podrá generar una proyección de contagios por COVID-19 en el territorio nacional?

Metodología

Construcción del Modelo cuadrático COVID-19 en Honduras

La generación del modelo matemático nace del análisis y observación de los primeros 15 días de información oficial del gobierno de la república de Honduras, a través del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo (SINAGER) órgano encargado por ley del congreso nacional de la república de Honduras vía decreto N 150/09 de prevenir y disminuir cualquier desastre potencial, tomando en consideración el lapso de observación en el tiempo desde el primer caso positivo el día 10 de marzo hasta el 24 de marzo del año 2020.

Para poder generar modelo matemático es importante tener en consideración los casos positivos oficiales y observados Tabla 1 incluyendo los días donde no hubo casos positivos confirmados y los casos tomados en consideración para la generación del modelo matemático en la Tabla 2:

Fechas observadas	#Confirmados por covid19
10/03/2020	2
11/03/2020	No hubo
12/03/2020	No hubo
13/03/2020	1
14/03/2020	No hubo
15/03/2020	3
16/03/2020	2
17/03/2020	1
18/03/2020	3
19/03/2020	12
20/03/2020	No hubo
21/03/2020	2
22/03/2020	1
23/03/2020	3
24/03/2020	6

Tabla 1: Fechas observadas de casos positivos general , SINAGER (2020)

La tabla 2 muestra los casos exclusivamente utilizados al descartar las fechas donde no hubo casos positivos confirmados. A continuación:

Fechas observadas	#Confirmados por COVID-19 utilizados
10/03/2020	2
13/03/2020	1
15/03/2020	3
16/03/2020	2
17/03/2020	1
18/03/2020	3
19/03/2020	12
21/03/2020	2
22/03/2020	1
23/03/2020	3
24/03/2020	6

Tabla 2: Fechas observadas e información utilizada para la generación del modelo, SINAGER (2020)

Los datos generan las siguientes puntuaciones desde el 10/marzo/2020 al 24/marzo/2020:

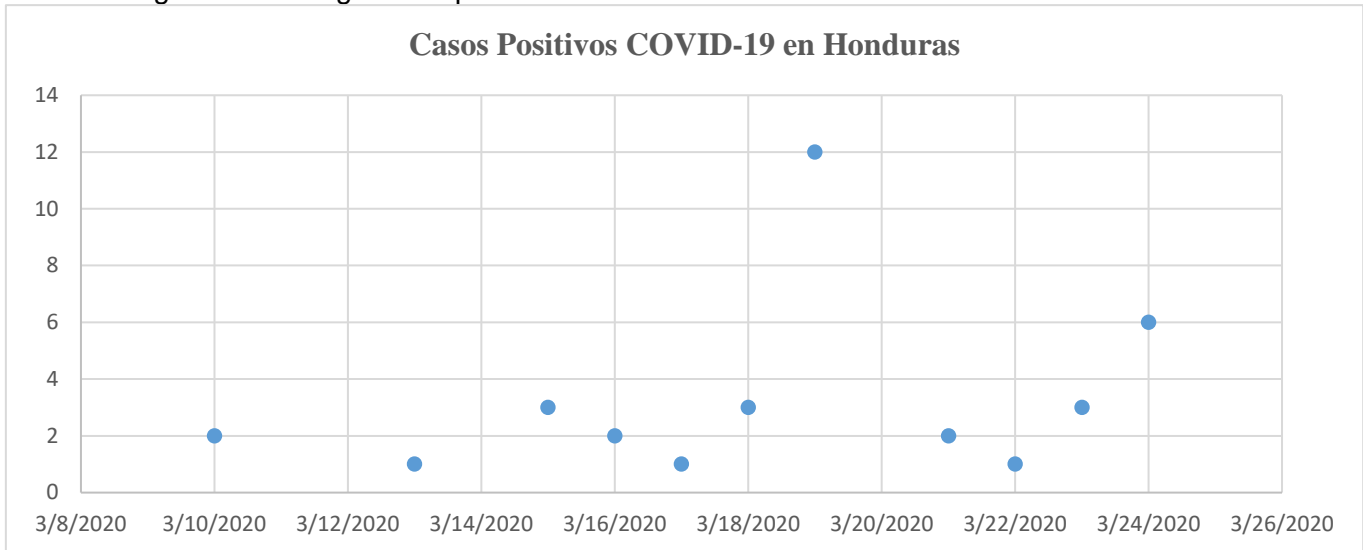


Gráfico 1: Puntuaciones de contagios positivos por COVID-19 en Honduras, SINAGER (2020)

La teoría base para la generación del modelo Matemático, contempla el planteamiento de una matriz que permitirá conocer las contantes, las cuales surgen de derivar parcialmente la función general, del error que se muestra en la imagen 3. Los coeficientes de la matriz surgen de la tabla de distribución base que desarrolla con las ecuaciones resultantes de la imagen 4 y resolviendo la matriz de la imagen5. A continuación la tabla de distribución:

TABLA DE DISTRIBUCIÓN GENERADORA DE LOS COEFICIENTES MATRICIALES							
Fechas	Días (X)	#Confirmados por covid19 (Y)	X^2	$X*Y$	X^3	X^2Y	X^4
10/03/2020	1	2	1	2	1	2	1
13/03/2020	3	1	9	3	27	9	81
15/03/2020	5	3	25	15	125	75	625
16/03/2020	6	2	36	12	216	72	1296
17/03/2020	7	1	49	7	343	49	2401
18/03/2020	8	3	64	24	512	192	4096
19/03/2020	9	12	81	108	729	972	6561
21/03/2020	11	2	121	22	1331	242	14641
22/03/2020	12	1	144	12	1728	144	20736
23/03/2020	13	3	169	39	2197	507	28561
24/03/2020	14	6	196	84	2744	1176	38416
$\sum_{i=1}^{11} =$	89	36	895	328	9953	3440	117415

Tabla 3: Resumen de tabla de distribución de los coeficientes matriciales, Fuente propia

$$\text{Matriz final COVID-19 "X"} = \left(\begin{array}{ccc|c} 11X_0 & 89X_1 & 895X_2 & 36 \\ 89X_0 & 895X_1 & 9953X_2 & 328 \\ 895X_0 & 9953X_1 & 117415X_2 & 3440 \end{array} \right)$$

La matriz final COVID-19 "X" fue resuelta por el método matemático de Gauss para sistemas matriciales, el cual consiste en transformar una Matriz aumentada del sistema, en una matriz escalonada reducida y posteriormente poder encontrar las constantes X_0 , X_1 , X_2 que formarán el modelo matemático. El proceso se observa a continuación:

Método de Gauss:

$$\begin{aligned} & \left(\begin{array}{ccc|c} \textcircled{II} & 89 & 895 & 36 \\ 89 & 895 & 9953 & 328 \\ 895 & 9953 & 117415 & 3440 \end{array} \right) \times \left(\frac{-89}{11} \right) \sim \left(\begin{array}{ccc|c} \textcircled{II} & 89 & 895 & 36 \\ 0 & \frac{1924}{11} & \frac{29828}{11} & \frac{404}{11} \\ 895 & 9953 & 117415 & 3440 \end{array} \right) \times \left(\frac{-895}{11} \right) \\ & \sim \left(\begin{array}{ccc|c} 11 & 89 & 895 & 36 \\ 0 & \frac{1924}{11} & \frac{29828}{11} & \frac{404}{11} \\ 0 & \frac{29828}{11} & \frac{490540}{11} & \frac{5620}{11} \end{array} \right) \times \left(\frac{-7457}{481} \right) \\ & \sim \left(\begin{array}{ccc|c} 11 & 89 & 895 & 36 \\ 0 & \frac{1924}{11} & \frac{29828}{11} & \frac{404}{11} \\ 0 & 0 & \frac{1229304}{481} & \frac{-28128}{481} \end{array} \right) \\ & \begin{cases} 11 \times x_1 + 89 \times x_2 + 895 \times x_3 = 36 \\ \frac{1924}{11} \times x_2 + \frac{29828}{11} \times x_3 = \frac{404}{11} \\ \frac{1229304}{481} \times x_3 = \frac{-28128}{481} \end{cases} \quad (1) \end{aligned}$$

- De la ecuación 3 del sistema (1) encontramos con la variable x_3 :

$$\frac{1229304}{481} \times x_3 = \frac{-28128}{481}$$

$$x_3 = \frac{-1172}{51221}$$

- De la ecuación 2 del sistema (1) encontramos con la variable x_2 :

$$\frac{1924}{11} \times x_2 = \frac{404}{11} - \frac{29828}{11} \times x_3 = \frac{404}{11} - \frac{29828}{11} \times \left(\frac{-1172}{51221} \right) = \frac{55651700}{563431}$$

$$x_2 = \frac{28925}{51221}$$

- De la ecuación 1 del sistema (1) encontramos con la variable x_1 :

$$11 \times x_1 = 36 - 89 \times x_2 - 895 \times x_3 = 36 - 89 \times \left(\frac{28925}{51221} \right) - 895 \times \left(\frac{-1172}{51221} \right) = \frac{318571}{51221}$$

$$x_1 = \frac{28961}{51221}$$

La respuesta:

$$x_1 = \frac{28961}{51221}$$

$$x_2 = \frac{28925}{51221}$$

$$x_3 = \frac{-1172}{51221}$$

La solución general: $X = \begin{pmatrix} \frac{28961}{51221} \\ \frac{28925}{51221} \\ \frac{-1172}{51221} \end{pmatrix}$

Por la tanto se genera el modelo matemático COVID-19 para Honduras:

$$\text{COVID-19} = \frac{28961}{51221} * X^2 + \frac{28925}{51221} * X - \frac{1172}{51221}$$

Modelo Matemático 1: Fuente propia (2020)

El modelo matemático COVID-19 para Honduras permite generar una proyección para un lapso de tiempo determinado, por lo que se realizó una proyección de contagios positivos para un término inicial de 40 días seguidos, luego para 60 y 90 días, considerando como fecha inicial el día 25 de marzo hasta el 03 de mayo del año en curso, luego las fechas proyectadas del 23 de mayo y 25 de junio. Se presenta a continuación la proyección de contagios:

FECHAS	DÍAS (X)	PROYECCIÓN DE INFECTADOS USANDO EL MODELO MATEMÁTICO COVID-19 PARA HONDURAS
25/03/2020	1	1
26/03/2020	2	3
27/03/2020	3	7
28/03/2020	4	11
29/03/2020	5	17
30/03/2020	6	24
31/03/2020	7	32
01/04/2020	8	41
02/04/2020	9	51
03/04/2020	10	62
04/04/2020	11	75
05/04/2020	12	88
06/04/2020	13	103
07/04/2020	14	119
08/04/2020	15	136
09/04/2020	16	154
10/04/2020	17	173
11/04/2020	18	193
12/04/2020	19	215
13/04/2020	20	237
14/04/2020	21	261
15/04/2020	22	286
16/04/2020	23	312
17/04/2020	24	339
18/04/2020	25	367
19/04/2020	26	397
20/04/2020	27	427
21/04/2020	28	459
22/04/2020	29	492
23/04/2020	30	526

24/04/2020	31	561
25/04/2020	32	597
26/04/2020	33	634
27/04/2020	34	673
28/04/2020	35	712
29/04/2020	36	753
30/04/2020	37	795
01/05/2020	38	838
02/05/2020	39	882
03/05/2020	40	927
23/05/2020	60	2069
25/06/2020	90	4631

Tabla 4: Proyección de infectados en días, usando el modelo matemático COVID-19, Fuente propia (2020)

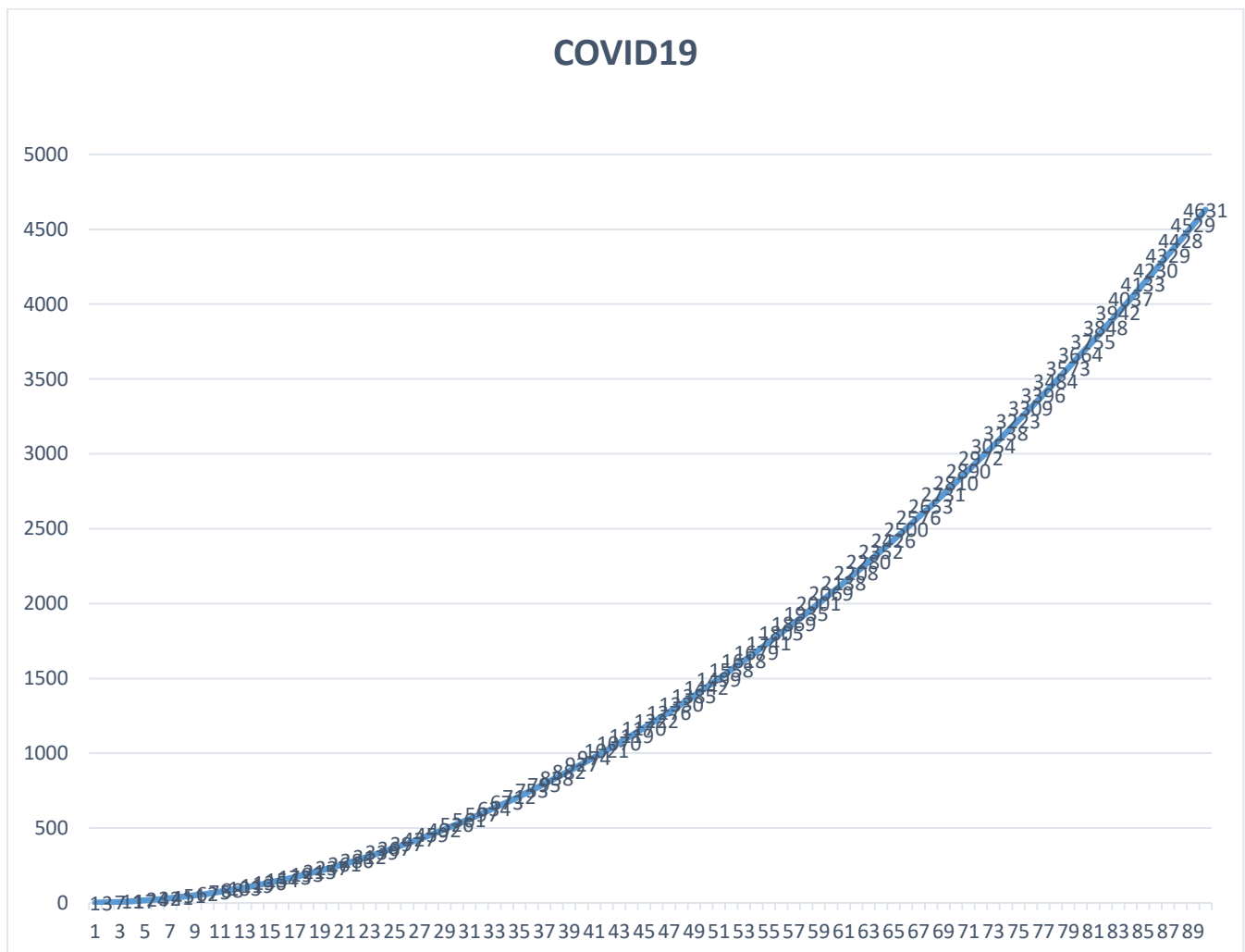


Gráfico 2: Gráfico de proyección según el modelo matemático COVID-19 para Honduras, Fuente propia (2020)

Descripción de los Resultados

Resultados información general

En función de la metodología utilizada, se logró alcanzar el planteamiento de un modelo Matemático de contagios por COVID-19, que puede generar proyecciones a largo plazo y en función del modelo matemático, tomar decisiones de carácter social.

Conclusiones

- La presente investigación generó el modelo matemático de contagios por COVID-19, un modelo matemático nativo producto de la realidad nacional considerando una base matemática sólida.
- La generación del modelo matemático permite proyectar el número de contagios en un lapso de tiempo determinado, el cual se puede observar en los resultados, el mismo proyecta que para la primera semana de mayo alcanzar los 1000 contagios positivos, para el 23 de mayo sobre pasar los dos mil contagios y para el 25 de junio se proyecta más de cuatro mil seiscientos contagios por COVID-19.

Recomendaciones

- El modelo perfectamente es una alternativa que permite proyectar número de contagios en función del número de días transcurridos, en ese sentido, este modelo permite a la sociedad hondureña tomar medidas drásticas y adoptar una cultura de bioseguridad global que permitan disminuir el brote de contagios creciente que se proyecta.
- Es importante mencionar que el modelo matemático surge de la información oficial que generó el órgano encargado de divulgar los contagios de cada día (SINAGER), en los primeros quince días oficiales; en ese sentido la Universidad Politécnica de Honduras (UPI) se compromete con el país por medio de la divulgación científica de documentos como este, los cuales consolidan aún más los pronósticos para las próximas semanas y meses.
- En función de la proyección de contagios acelerados, se recomienda a la comunidad científica hondureña unir esfuerzos y orientar líneas de investigación que contribuyan a generar diagnósticos y proyecciones en otras áreas de las ciencias encaminadas a una pronta reactivación de todos los sectores que han sido afectados.

Bibliografía

- El Clarin . (11 de Marzo de 2020). Obtenido de https://www.clarin.com/mundo/coronavirus-10-pandemias-letales-historia_0_Hcd6yZrv.html
- John Hopkins University & Medicine. (07 de Mayo de 2020). *Coronavirus Resource Center*. Obtenido de <https://www.unah.edu.hk/coronavirus/mapa-mundial-covid-19>
- Jose Angel Pérez . (7 de Junio de 2017). *Monitor Educativo*. Obtenido de <https://monitor.iiiipe.edu.mx/notas/la-importancia-de-los-modelos-matem%C3%A1ticos-en-la-ense%C3%B1anza-de-la-ciencia>
- Organizacion Mundial de la Salud. (24 de Febrero de 2010). Obtenido de https://www.who.int/csr/disease/swineflu/frequently_asked_questions/pandemic/es/
- Olivares, J., Quintana, C., Choy, W., Ronquillo, w., & Maldonado, H. (2006). Satisfacción laboral de docentes universitarios del Departamento de Clínica Estomológica. *Estomatológica Herediana*, 21-25.
- Ramón Abel Ortega Díaz, L. A. (2017). *LA MODELACIÓN MATEMÁTICA: SU IMPORTANCIA EN LA FORMACIÓN INTEGRAL DEL INGENIERO AGRÓNOMO*. Tesis, Universidad Central de Las Villas, Departamento de matemáticas, , La Habana. Obtenido de http://www.quadernsdigitals.net/datos/hemeroteca/r_47/nr_506/a_7017/7017.pdf
- Real Academia de la Lengua Española. (Viernes de Abril de 2019). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/pandemia>
- Richard Burden, Douglas Faires y Annette Burden . (2016). Richard Burden, Douglas Faires y Annette Burden . En R. Burden, *Análisis Numérico* (págs. 373-380). Cengage Learning.
- Rodríguez, M. A. (Mayo de 2020). *Algunas reflexiones preliminares sobre la apertura a la economía post-COVID-19*. Obtenido de La Republica.net: <https://www.larepublica.net/noticia/algunas-reflexiones-preliminares-sobre-la-apertura-a-la-economia-post-covid-19>
- Tauli, V. (2020). Declaración sobre la pandemia de Covid-19 y los derechos económicos, sociales y culturales. *ONU* . Obtenido de <http://unsr.vtaulicorpuz.org/site/index.php/es/press-releases/320-cescr-covid19>