

MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS PARA EL PROGRESO DEL SRAS-CoV- 2 (COVID-19) EN COLOMBIA

Sara Juliana Cárdenas Bohórquez¹

Deisy Marcela Muñoz Morales²

Cinthia Adriana Reales Arrieta³

Angie Tatiana Zabala Prieto⁴

Oscar Mauricio Gelves Alarcón⁵

DOI: 10.13140/RG.2.2.33665.89448

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo aplicar conceptos de dinámica de sistemas para el análisis del progreso del SRAS-CoV-2 (COVID 19) a través de la aplicación de software Vensim. Para ello, se toman en cuenta los datos registrados del proceso y la propagación del COVID-19 en Colombia que permiten obtener datos como el incremento de casos diario, número de personas fallecidas, personas recuperadas, tasas de contagio y todo lo relacionado con esta pandemia en Colombia. La dinámica de sistemas es una herramienta efectiva para determinar la situación a futuro de una situación como lo es el COVID-19 y la aplicación y simulación del software Vensim permitió construir un modelo a través de diagramas causales que facilita la comparación fácilmente los resultados de distintos experimentos. Teniendo en cuenta los datos y cifras se realizó la simulación en el software Vensim la cual permitió presentar la proyección sobre la situación actual que está presentando Colombia con esta pandemia y lo que se puede esperar. Como resultados se evidencia que la población contagiada seguirá en un constante aumento si no se controla la pandemia o no se presenta una cura, lo positivo de esta situación es que la población curada presenta un incremento mayor a la población enferma esto se ha registrado en la mayoría de países y por tanto, es viable pensar en un modelo de control de contagios.

GLOSARIO

Pandemia: Enfermedad epidémica que afecta poblaciones en varios países o continentes

Población contagiada/Población enferma: Se refiere a todos los casos enfermos de una patología en todo el país y se traduce estadísticamente como el número de enfermos de "X" diagnóstico entre la población total del país en un determinado periodo de tiempo multiplicado por una constante (100 000, 10 000 ó 1000 hab). Población fallecida:

Población recuperada: Población que supera las condiciones clínicas asociadas a la patología.

¹Universidad Santo Tomás, Sede Bogotá Contacto: saracardenas@usantotomas.edu.co. ²Universidad Santo Tomás, Sede Bogotá. Contacto: deisymunoz@usantotomas.edu.co. ³Universidad Santo Tomás, Sede Bogotá. Contacto: cinthiareales@usantotomas.edu.co. ⁴Universidad Santo Tomás, Sede Bogotá. Contacto: angiezabala@usantotomas.edu.co. ⁵ Universidad Santo Tomás, Sede Bogotá. Contacto: oscargelves@usantotomas.edu.co

Población total: Se toma como la referencia de la población nacional, para el caso de Colombia se realiza un total de 50.000.000 de habitantes en el país.

Tasa de contagio: Se le denomina así a aquella persona o animal enfermo o infectado con características clínicas, de laboratorio y epidemiológicas específicas teniendo en cuenta el crecimiento y transmisibilidad de la enfermedad.

Tasa de incidencia: Se define como el número de casos nuevos de una enfermedad u otra condición de salud dividido por la población en riesgo de la enfermedad (población expuesta) en un lugar específico y durante un período específico.

Tasa de letalidad: Es una medida estadística usada comúnmente en epidemiología y se refiere a la probabilidad de ocurrencia en una población de evento particular de muerte.

Tasa de recuperados: se refiere a la probabilidad de ocurrencia en una población de evento particular de recuperación.

INTRODUCCIÓN

El mundo en los últimos seis (6) meses ha tenido un tema y enemigo en común, el SRAS-CoV-2, más conocido como Covid-19 que tuvo su origen en la ciudad de Wuhan, China, el cual inició desde el mes de diciembre de 2019, en el cual autoridades sanitarias de Wuhan detectaron una serie de casos de neumonía producida por una causa desconocida. La primera investigación sobre el origen de esta enfermedad, fue publicada por la revista The Lancet, en donde determinó que se trataba de un nuevo tipo de virus, de la familia Coronavirus, emparentado con el Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SARS) y con el Síndrome Respiratorio de Oriente Medio (MERS) (Redacción médica, 2020) este nuevo virus se conoce científicamente como SRAS-CoV-2.

En ese momento se originó una alarma sobre una nueva enfermedad desconocida hasta el momento, dicha enfermedad (Organización Mundial de la Salud, 2020) y desde allí se ha ido expandiendo alrededor del mundo presentado cifras estadísticas de aproximadamente 5'311.089 contagiados y 342.104 muertes para el día 23 de mayo, motivo por el cual, los gobiernos de cada país han tenido que declararse en estado de emergencia y a su vez han puesto en prácticas diferentes estrategias para generar un distanciamiento social declarando cuarentenas, aislamientos inteligentes y confinamientos, para evitar una propagación masiva. Además, se han visto en la obligación de aumentar la capacidad de atención a la salud creando hospitales provisionales en centros de eventos, estadios de fútbol, instalaciones militares, etc., con el fin de evitar que el sistema de salud colapse tomando como referencia la situación ocurrida en países como España e Italia.

Desgraciadamente las certezas son pocas porque se trata de un virus nuevo, sin embargo, se ha podido concluir que su transmisión es muy grande pues se encuentra con un porcentaje elevado de infectados en poco tiempo y que sus letalidades se focalizan en las personas con más edad (Sanchez Fernandez & Sanchez Bayle, 2020) por tal motivo la incertidumbre y el desconocimiento sobre el SRAS-CoV-2 también ha llegado a impactar los mercados de valores

y economías de todo el mundo. La dificultad para frenar la expansión de la epidemia ha obligado a los gobiernos a aplicar medidas drásticas, como cerrar edificios públicos, empresas y comercios, además de limitar la movilidad, entre otras. Como consecuencia se ha reducido la producción, el consumo de bienes y servicios en la mayoría de países afectados, como resultado se han impactado negativamente la economía.

En consecuencia, esta epidemia ha generado una crisis sanitaria, económica y social en cada país, esto depende directamente de la situación económica y cultural cada uno tiene, es por tal motivo que la investigación técnica y científica soportada por cifras y el estudio de las mismas permite generar una proyección teórica sobre el posible incremento, incidencia, mortalidad, recuperación que asegura la toma de decisiones en base a los reportes para ello este working paper a través de la implementación de dinámicas de sistemas se pretende visualizar, pensar, analizar y comprender el comportamiento de el SRAS-CoV-2, para conocer la evolución futura de esta emergencia sanitaria por la cual atraviesa nuestro país (Colombia).

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Aplicar conceptos de dinámica de sistemas para el análisis del progreso del SRAS-CoV-2 (Covid 19) a través de la aplicación de software Vensim.

MARCO TEÓRICO

SRAS-CoV-2

La pandemia al principio fue reconocida alrededor del mundo como coronavirus, este tipo de virus son patógenos zoonóticos, esto quiere decir que comienza en animales infectados y se transmiten de los animales a las personas, debido a que tiene la capacidad de adaptarse de una especie a otra.

El 11 de febrero del 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) anunció el nombre para la enfermedad que inició su propagación en Wuhan, China “COVID-19” esta enfermedad recibe este nombre aparte de tres palabras en “Corona” “virus” ya que su núcleo se asemeja a la corona solar, “Disease” que significa enfermedad en inglés y el “19” representa en año en que esta tuvo lugar (31 de diciembre del 2019). EL Comité que autoriza y organiza todas las clasificaciones taxonómicas de los virus lleva por nombre “Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV)” decidió llamarlo SARS-CoV-2, ya que hace parte de una familia de virus detectados anteriormente, pero indicaron que este virus es totalmente nuevo. El nombre del virus es tan importante ya que debe ser pronunciable y debe relacionarse con la enfermedad, además, este no debe relacionarse a una ubicación, animal o grupo de personas (BBC News Mundo, 2020).

Transmisión del COVID-19

El origen de este Virus se relaciona con un mercado de animales vivos en Wuhan, por lo que alrededor del mundo proponen la teoría que el virus se transmite inicialmente de los animales a los seres humanos. Mientras que la transmisión de persona a persona se produce a través del

contacto de gotas respiratorias producidas por tos, estornudos y también cuando una persona entra en contacto con alguna superficie contaminada y prosigue a tocarse los ojos, nariz o boca. Por su fácil transmisión se han aplicado las medidas de aislamiento social (Tesini, 2020).

Síntomas del COVID-19

Los síntomas presentados por el contagio del COVID-19 varían en todas las personas, unos pueden presentar pocos síntomas o ninguno, otros presentan infecciones en sus vías respiratorias, fiebre, tos, goteo de la nariz, dolor de garganta, dolor de cabeza, vómitos y disnea, incluso algunas personas pueden perder el sentido del olfato o del gusto, mientras que algunos mueren. Los pacientes con enfermedad más grave pueden presentar linfopenia que hace referencia a los glóbulos blancos en la sangre y hallazgos en las imágenes de tórax compatibles con neumonía al igual que insuficiencia en varios órganos. No se sabe con certeza cuál es el tiempo exacto de incubación; las estimaciones van de 1 a 14 días, aunque se recomienda estar en aislamiento 15 días más una vez la persona se recupere (Tesini, 2020).

Dinámica de sistemas

La Dinámica de Sistemas es una herramienta de construcción de modelos de simulación radicalmente diferente al de otras técnicas aplicadas al estudio de sistemas socioeconómicos, como la econometría ya que la evolución del sistema analizado se realiza sobre la base de los datos históricos de las variables denominadas independientes, y se aplica la estadística para determinar los parámetros del sistema de ecuaciones que las relacionan con las otras denominadas dependientes. Estas técnicas pretenden determinar el comportamiento del sistema sin entrar en el conocimiento de sus mecanismos internos.

El objetivo básico de la Dinámica de Sistemas es llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema. Esto implica aumentar el conocimiento sobre el papel de cada elemento del sistema, y ver como diferentes acciones, efectuadas sobre partes del sistema, acentúan o atenúan las tendencias de comportamiento implícitas en el mismo. Para ello se puede implementar un software específico como Vensim.(ATC, Innova, s.f)

Vensim

Vensim es una herramienta visual de modelaje que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas. Vensim provee una forma simple y flexible de construir modelos de simulación, sean lazos causales o diagramas de stock y de flujo.

Mediante la conexión de palabras con flechas, las relaciones entre las variables del sistema son ingresadas y registradas como conexiones causales. Esta información es usada por el Editor de Ecuaciones para ayudarlo a completar su modelo de simulación. Podrá analizar su modelo siguiendo el proceso de construcción, mirando las causas y el uso de las variables y también siguiendo los lazos relacionados con una variable. Cuando construye un modelo que puede ser simulado, Vensim le permite explorar el comportamiento del modelo.(Softwareshop.com.s.f)

METODOLOGÍA

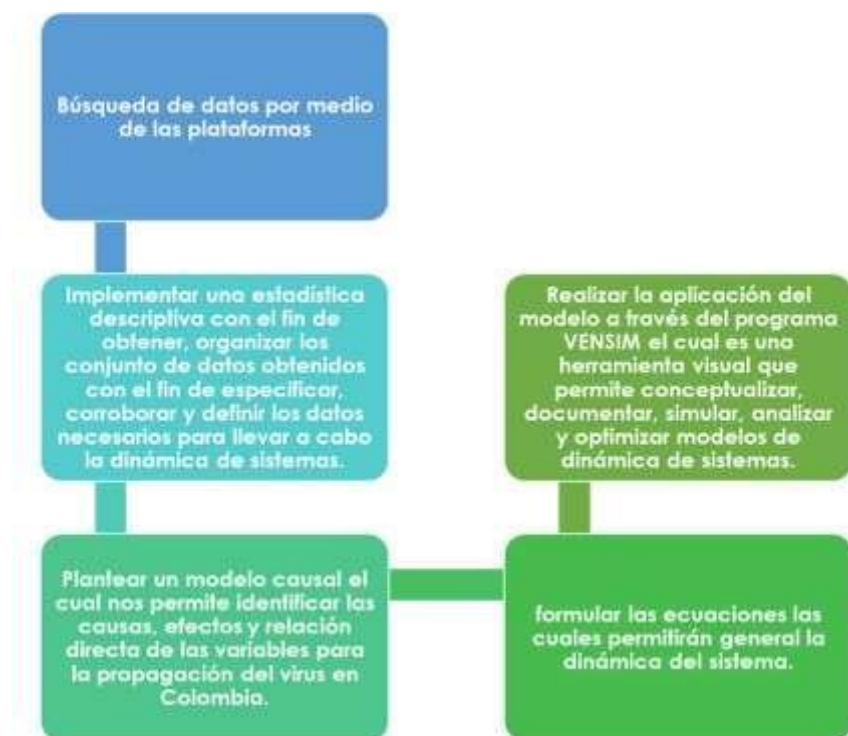
Materiales

Para el desarrollo de esta investigación se toman en cuenta los datos registrados del proceso y la propagación del COVID-19 en Colombia a través de las plataformas que permiten obtener datos específicos como el incremento de casos diario, número de personas fallecidas, personas recuperadas, tasas de contagio y todo lo relacionado con esta pandemia en Colombia.

Plataformas

- Ministerio de salud - <https://www.minsalud.gov.co/>
- Instituto Nacional de Salud - <https://www.ins.gov.co/Paginas/Inicio.aspx>
- Organización panamericana de la salud - <https://www.paho.org/es>
- Esri Colombia - <https://esri.co/covid-19/>

Métodos



Gráfica No. 1 Método de desarrollo.

DESARROLLO

Recolección de datos y estadísticas

Obtención de datos a través de las plataformas y cálculos propios progreso hasta el día 23 de marzo del 2020.

Población contagiada	20.177
Población enferma	14.754
Población fallecida	705
Población recuperada	4.718
Tasa de contagio	1,12%
Población total	50.000.000
Tasa de incidencia	7,9
Tasa de letalidad	3,6
Tasa de recuperados	23,4
Tasa de contagios	1,12

Tabla 1. Datos y estadísticas COVID-19 Colombia.



Imagen 1. Registro del ministerio de salud.

Tasa de contagio y crecimiento

El valor de la tasa de contagio no se encuentra actualizado a la fecha en ninguna plataforma se plantea a partir de la población total y el registro diario de los casos de Covid-19 a partir del primer caso registrado el día 06 de marzo hasta el 23 de mayo.

Poblacion COLOMBIA					
MES	DÍAS	CONFIRMADOS	ACUMULADO	COVID-19 por cada 100.000 hab	Tasa de Crecimiento
MARZO	6	1	1	0,020000	0
	7	0	1	0,020000	1
	8	0	1	0,020000	1
	9	2	3	0,060000	3
	10	0	3	0,060000	1
	11	6	9	0,180000	3
	12	4	13	0,260000	1,44444444
	13	3	16	0,320000	1,230769231
	14	8	24	0,480000	1,5
	15	21	45	0,900000	1,875
	16	12	57	1,140000	1,266666667
	17	18	75	1,500000	1,315789474
	18	27	102	2,040000	1,36
	19	26	128	2,560000	1,254901961
	20	47	175	3,500000	1,3671875
	21	35	210	4,200000	1,2
	22	30	240	4,800000	1,142857143
	23	66	306	6,120000	1,275
	24	72	378	7,560000	1,235294118
	25	92	470	9,400000	1,243386243
	26	21	491	9,820000	1,044680851
	27	48	539	10,780000	1,097759674
	28	69	608	12,160000	1,128014842
	29	94	702	14,040000	1,154605263
	30	96	798	15,960000	1,136752137
	31	108	906	18,120000	1,135338346
Abril	1	159	1.065	21,300000	1,175496689
	2	96	1.161	23,220000	1,090140845
	3	106	1.267	25,340000	1,091300603
	4	139	1.406	28,120000	1,109707972
	5	79	1.485	29,700000	1,056187767
	6	94	1.579	31,580000	1,063299663
	7	201	1.780	35,600000	1,127295757
	8	274	2.054	41,080000	1,153932584
	9	169	2.223	44,460000	1,082278481
	10	250	2.473	49,460000	1,112460639
	11	236	2.709	54,180000	1,095430651
	12	67	2.776	55,520000	1,024732374
	13	76	2.852	57,040000	1,027377522
	14	127	2.979	59,580000	1,044530154
	15	126	3.105	62,100000	1,042296073
	16	128	3.233	64,660000	1,041223833
	17	206	3.439	68,780000	1,063717909
	18	182	3.621	72,420000	1,052922361
	19	171	3.792	75,840000	1,047224524
	20	185	3.977	79,540000	1,04878692
	21	172	4.149	82,980000	1,04324868
	22	207	4.356	87,120000	1,04989154
	23	205	4.561	91,220000	1,047061524
	24	320	4.881	97,620000	1,070160053
	25	261	5.142	102,840000	1,053472649
	26	237	5.379	107,580000	1,046091015
	27	218	5.597	111,940000	1,040527979
	28	352	5.949	118,980000	1,062890834
	29	266	6.215	124,300000	1,044713397
	30	296	6.511	130,220000	1,04762671
Mayo	1	499	7.010	140,200000	1,076639533
	2	279	7.289	145,780000	1,039800285
	3	383	7.672	153,440000	1,052544931
	4	305	7.977	159,540000	1,039754953
	5	640	8.617	172,340000	1,080230663
	6	346	8.963	179,260000	1,040153186
	7	497	9.460	189,200000	1,055450184
	8	595	10.055	201,100000	1,062896406
	9	444	10.499	209,980000	1,044157136
	10	568	11.067	221,340000	1,054100391
	11	550	11.617	232,340000	1,049697298
	12	659	12.276	245,520000	1,05672721
	13	658	12.934	258,680000	1,053600521
	14	680	13.614	272,280000	1,05257461
	15	606	14.220	284,400000	1,044513001
	16	723	14.943	298,860000	1,050843882
	17	635	15.578	311,560000	1,042494814
	18	721	16.299	325,980000	1,04628322
	19	640	16.939	338,780000	1,039266213
	20	752	17.691	353,820000	1,044394592
	21	643	18.334	366,680000	1,036346165
	22	801	19.135	382,700000	1,04368932
	23	1.042	20.177	403,540000	1,054455187
					1,12

Tabla 2. Tasa de crecimiento COVID-19 en Colombia.

Modelo causal

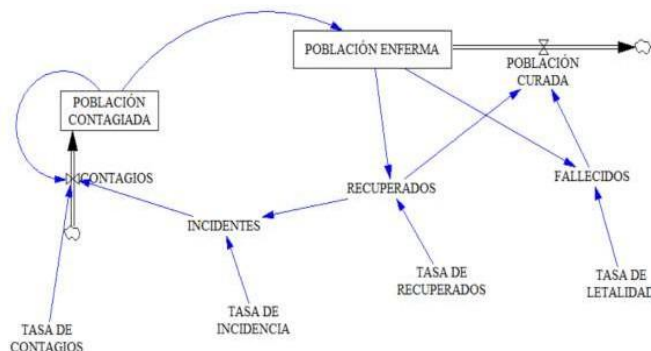


Gráfica No. 2 Modelo causal.

Formulación de ecuaciones

- $Población\ Enferma = Población\ contagiada - población\ curada$
- $Contagios = (Población\ contagiada * tasa\ de\ contagios) + incidente$
- $Población\ recuperada = Recuperados + fallecidos$
- $Incidentes = Tasa\ de\ incidencia * recuperados$
- $Fallecidos = Población\ enferma * Tasa\ de\ letalidad$

DIAGRAMA DE FORRESTER EN VENSIM

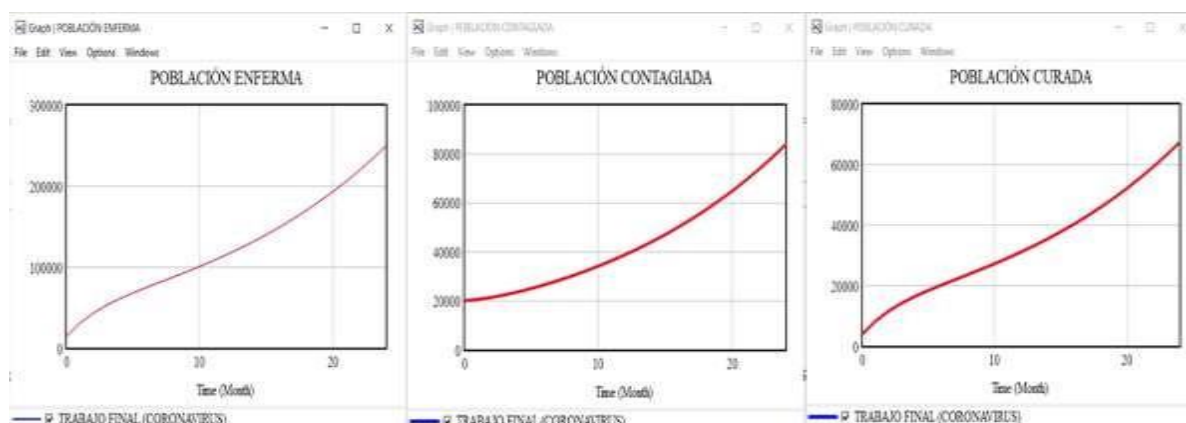


Gráfica No. 3 Modelo VENSIM.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

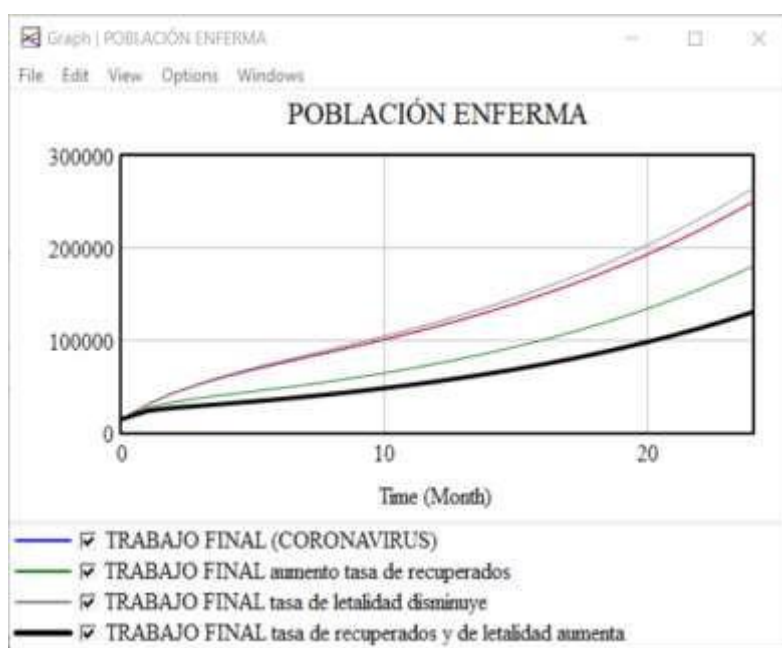
Teniendo en cuenta los datos y cifras actuales y al realizar la simulación en el software Vensim las siguientes gráficas presentan la proyección sobre la situación actual que está presentando Colombia con esta pandemia y lo que se puede esperar en un tiempo de 10 meses se estima según la simulación realizada que existirán 100000 personas enfermas lo cual implicaría un problema de capacidad en los hospitales , por otro lado se observa en los siguientes gráficos que la población contagiada seguirá en un constante crecimiento si no se controla la pandemia o

no se presenta una cura, lo positivo de esta situación es que la población curada presenta un incremento mayor a la población enferma.



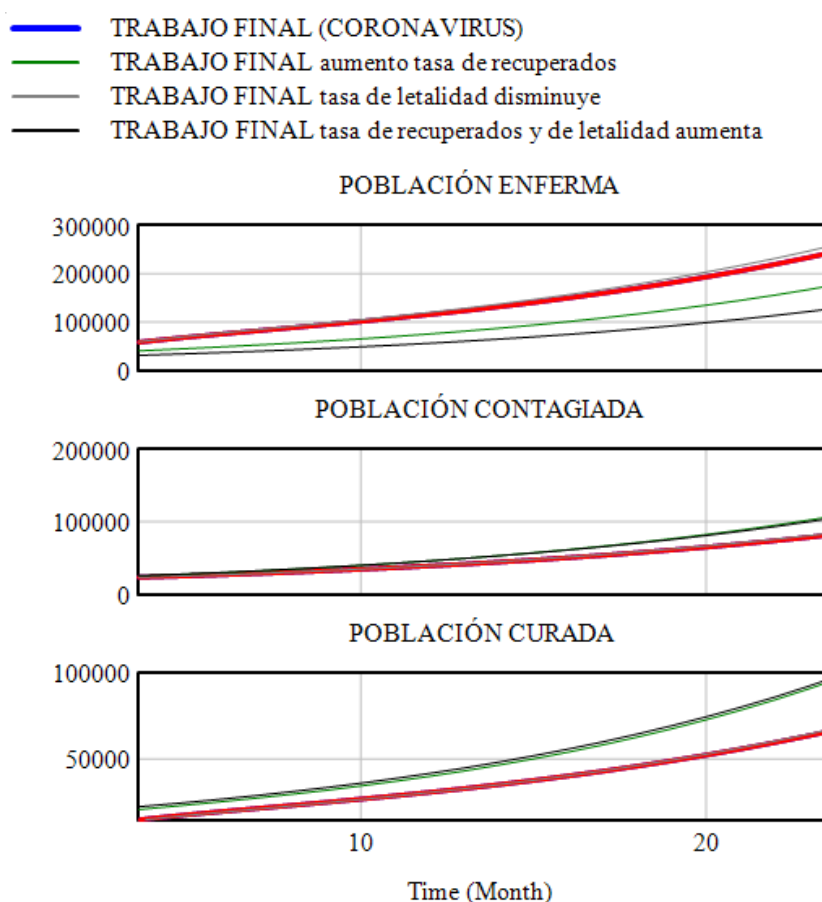
Gráfica No. 4 Modelo VENSIM - Gráficas.

La población enferma (línea roja) puede incrementarse si la tasa de letalidad disminuye y la tasa de recuperados quedan igual, sin embargo, si se aumenta tanto la tasa de recuperados y la tasa de letalidad la población enferma tiende a disminuirse, y por lo mismo, se puede aplanar la curva más pronto.



Gráfica No. 5 Modelo VENSIM - Gráficas.

Además, en todos los casos, las personas contagiadas aumentan, en proporción a los casos de población curada (recuperados y fallecidos).



Gráfica No. 5 Modelo VENSIM - Gráficas.

CONCLUSIONES

No podemos separar la gestión de la emergencia de la gestión de la información, es relevante mencionar que las conclusiones y resultados presentados están sujetos a la transparencia de la información tomada de las fuentes primarias. Por cuanto, las acciones de parte del sistema de salud de Colombia y de la organización mundial de la salud (OMS) dependen de estos datos y de la veracidad de los mismos.

La dinámica de sistemas es una herramienta que permite simular escenarios epidemiológicos como lo es el COVID-19 y es a través de la aplicación y simulación del software VenSim que se permite construir modelos a través de diagramas causales que facilita la comparación fácilmente los resultados de distintos experimentos, superponer gráficos de distintas variables, cambiar escalas, periodos de estudio y es por ello que se logró realizar el modelado epidémico del SRAS-CoV-2 (COVID 19).

Teniendo presente lo anterior es claro que, si no se implementa alguna vacuna contra el coronavirus, en dos años la población enferma va a seguir aumentando, es decir, en dos años la curva de contagios no se habría aplanado y habría total descontrol al respecto. La población enferma puede incrementarse si la tasa de letalidad disminuye y la tasa de recuperados quedan igual, sin embargo, si se aumenta tanto la tasa de recuperados y la tasa de letalidad la población

enferma tiende a disminuirse, y por lo mismo, se puede aplanar la curva más pronto. La intervención se debe priorizar, variables como el número de pruebas que se realizan diariamente es necesario para valer métodos de control para el contagio.

BIBLIOGRAFÍA

- ATC, Innova. (s.f) Obtenido de distribuidor oficial vensim: <http://www.dinamica-de-sistemas.com/>
- Organización Mundial de la Salud. (2020). Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://openwho.org/courses/introduccion-al-ncov>
- BBC News Mundo. (16 de Marzo de 2020). BBC. Obtenido de BBC: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51912089>
- Redacción médica. (29 de Abril de 2020). Coronavirus: síntomas de pacientes en contacto directo con infectados. Obtenido de Coronavirus: síntomas de pacientes en contacto directo con infectados: <https://www.redaccionmedica.com/secciones/sanidad-hoy/coronavirus-sintomas-de-pacientes-en-contacto-directo-con-infectados-5929>
- Sánchez Fernández, C., & Sanchez Bayle, M. (24 de Marzo de 2020). Covid-19: Certezas, incertidumbres y problemas que plantea. Obtenido de Covid-19: Certezas, incertidumbres y problemas que plantea: https://elpais.com/economia/2020/03/23/alternativas/1584970716_702344.html
- Softwareshop.com. (s.f). Obtenido de vensim: <https://www.software-shop.com/producto/vensim>
- Tesini, B. L. (Febrero de 2020). MANUAL MSD. Obtenido de Coronavirus y síndromes respiratorios agudos (COVID-19, MERS y SARS): <https://www.msmanuals.com/es/professional/enfermedades-infecciosas/virus-respiratorios/coronavirus-y-s%C3%ADndromes-respiratorios-agudos-covid-19,-mers-y-sars>