

ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN MÁXIMA DE CONTAGIOS POR COVID-19 A TRAVÉS DE LOS MODELOS GOMPERTZ, MODELO LOGÍSTICO GENERALIZADO Y EL MODELO SIR PARA BOLIVIA Y EL DEPARTAMENTO DE ORURO

PEDRO ROMÁN VALLEJOS MAMANI
COORDINADOR POSTGRADO – UNIVERSIDAD TÉCNICA DE ORURO
DOCENTE INVESTIGADOR - FACULTAS DE CIENCIAS AGRARIAS Y NATURALES
Email: vallejos_pedro@yahoo.es
Cel: 72462547
[Oruro 9 de mayo de 2020](#)

RESUMEN

La pandemia del Covid-19 en una emergencia sanitaria de carácter mundial, la velocidad de propagación de infección ha colapsado la capacidad de los hospitales en todos los países del mundo por lo que es una urgencia conocer los picos de la pandemia y el tiempo de las mismas en los países. En este sentido el presente trabajo muestra la aplicación de tres modelos MATEMÁTICOS para responder a las siguientes preguntas: ¿a cuánto alcanzara el pico de la Pandemia en Bolivia?, ¿en qué tiempo se espera que el pico de la pandemia llegue a Bolivia?. Los tres modelos aplicados GOMPERTZ, MODELO LOGÍSTICO GENERALIZADO Y EL MODELO SIR coinciden que bajo las condiciones actuales de **CUARENTENA (EMERGENCIA SANITARIA)** el pico de la pandemia está en el orden de los 10000 infectados pudiendo llegar hasta los 13000 infectados que la misma podría esperarse en la primera quincena del mes de junio de 2020. Un dato muy importante que se ha identificado en el estudio es que la tasa de recuperación define en gran manera la población máxima de infectados que podría alcanzar un país en este sentido se ha encontrado en el estudio que ha identificado que CUANDO LA POBLACIÓN RECUPERADA ALCANZA EL 50% DE LA POBLACIÓN INFECTADA es que se alcanza el **PUNTO DE INFLEXIÓN** a partir del cual la curva de infectados se va haciendo más llana, a la fecha de 8 de mayo de 2020 en Bolivia se reporta 2266 casos infectados y 237 casos recuperados (10.5) lo que nos dice que estamos aún lejos del punto de inflexión. Para ORURO se reporta 116 casos confirmados y 48 recuperados (41%), Oruro esta mejor que la media nacional una tranquilidad seria cuando estemos en el 75% o más de casos recuperados.

PALABRAS CLAVE:

Pandemia, modelos, tasa de recuperación

1. INTRODUCCIÓN

La selección natural ha precedido la evolución de los humanos, plantas y todos los seres vivientes del planeta, y los virus no son la excepción; aunque, técnicamente, los virus no viven por sí solos (necesitan un organismo huésped con el fin de reproducirse), están sujetos a las presiones de la evolución. El sistema inmunológico humano utiliza diversas tácticas para combatir patógenos. El trabajo del patógeno es evadir al sistema inmunológico, crear más copias de sí mismo y propagarse a otros huéspedes.

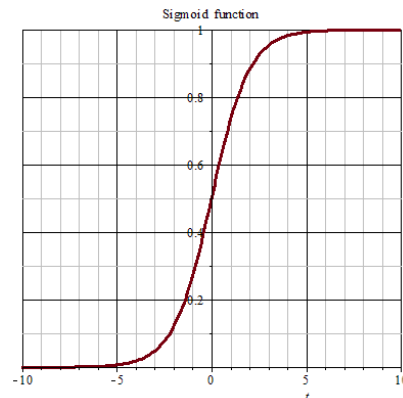
Existen diferentes modelos para evaluar el grado de propagación de las enfermedades infecciosas donde los escenarios posibles son ilimitados, podemos establecer dos grandes grupos, los DETERMINÍSTICOS donde se controlan los factores que intervienen en el estudio, y los modelos ESTOCÁSTICOS donde no es posible controlar los factores que intervienen y los resultados no son únicos.

Generalmente los modelos matemáticos asumen una postura, e indican que el total de la población es fija, es decir no se asume la posibilidad de que esta aumente, (ej. ingresos por nacimientos), o disminuya, (ej. migración, muerte por desastres naturales u otras causas) (*Ridenhour B, Kowalik J, Shay D. El número reproductivo básico (R0) consideraciones para su aplicación en salud pública. Rev Panam Salud Pública*).

MODELO GOMPERTZ

La curva de Gompertz o la función de Gompertz, es un tipo de modelo matemático para una serie temporal y lleva el nombre de Benjamin Gompertz (1779-1865). Es una función sigmoidea que describe el crecimiento como más lento al comienzo y al final de un período de tiempo dado. La función fue diseñada originalmente para describir la mortalidad humana, pero desde entonces se ha modificado para que se aplique en biología, con respecto al detalle de las poblaciones, tiene por ecuación:

$$G(t) = ae^{-be^{-ct}}$$



La segunda derivada de la ecuación proporciona información del punto de inflexión que indica el punto a partir del cual los casos diarios van a disminuir gradualmente.

$$G''(t) = bc^2 e^{be^{cx}+cx} (1 + be^{cx}) = 0$$

$$t = -\log(-b)/c$$

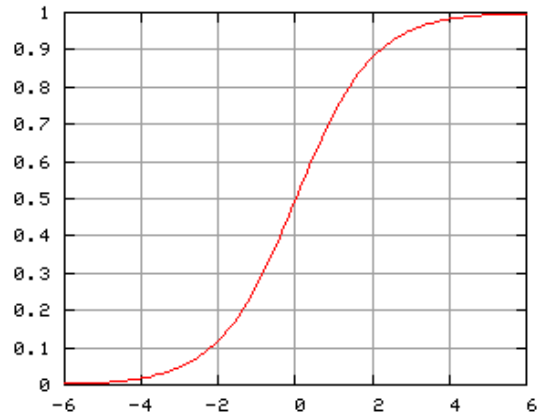
MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA GENERALIZADA

La función logística, curva logística generalizada o curva en forma de S es una función matemática que aparece en diversos modelos de crecimiento de poblaciones, propagación de enfermedades

epidémicas y difusión en redes sociales. Dicha función constituye un refinamiento del modelo exponencial para el crecimiento de una magnitud. Modela la función sigmoidea de crecimiento de un conjunto P. la primera versión de la ecuación está representado por:

$$P(t) = \frac{M}{1 + e^{-at+b}}$$

Donde M, expresa la población límite. Para resolver este problema se deben utilizar técnicas no lineales de optimización, este modelo se puede utilizar para predicción, pero desde el punto de ajuste no es tan preciso, para flexibilizar la curva se agrega un parámetro extra (alfa) según se expresa en la siguiente ecuación:



$$P(t) = \frac{M}{(1 + e^{-at+b})^\alpha}$$

La segunda derivada de la ecuación proporciona información del punto de inflexión que indica el punto a partir del cual los casos diarios van a disminuir gradualmente.

$$P''(t) = a^2 c e^{at+b} (e^{at+b} + 1)^{-c-2} (c e^{at+b} - 1) = 0$$

$$t = -\frac{\ln(\alpha) + b}{a}$$

Otras versiones más complejas del modelo y que se han ajustado muy bien al comportamiento del covid-17 en países como Corea del Sur y que expresan además las curvas de sobrevivencia son:

$$P(t) = \frac{M + ct}{(1 + e^{-at+b})^\alpha}$$

$$P(t) = \frac{M}{(1 + e^{-at^2+bt+c})^\alpha}$$

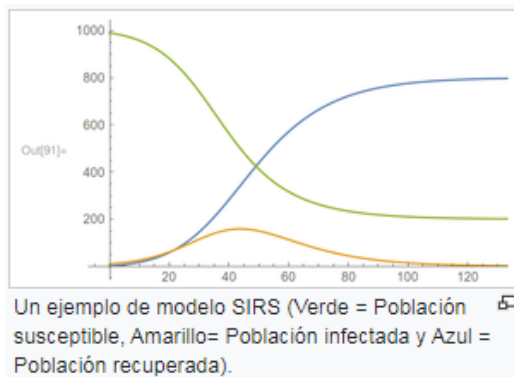
MODELO SIR

El modelo SIR es uno de los modelos epidemiológicos más simples capaces de capturar muchas de las características típicas de los brotes epidémicos. El nombre del modelo proviene de las iniciales que toman en cuenta: la cantidad de personas susceptibles a ser infectadas **S**, la cantidad de personas con infección activa **I** y la cantidad de individuos removidos de la población susceptible o infectada **R** (ya sea por recuperaron o muerte), el sistema de ecuaciones que representa el modelo es:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I \quad (1)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

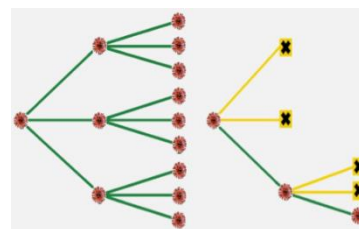


Con condiciones iniciales $S(0)=S_0$, $I(0)=I_0$ y $R(0)=R_0$; β y γ son constantes positivas que se hallan por medio de los datos ya existentes. Para solucionar el sistema solo es necesario resolver como sistema las dos primeras ecuaciones de (1) ya que S e I no dependen de R . El sistema (1) es no-lineal, por tanto se puede solucionar por métodos numéricos.

En el modelo SIR se consideran, el estado de salud de la población y sus individuos. Ante el surgimiento de una nueva enfermedad contagiosa toda la población es susceptible de adquirir la nueva enfermedad, partiendo de este estado, el curso natural podría llevar a diferentes estados entre los individuos siendo estos:

- El individuo infectado se recupera y se vuelve inmune (ej. varicela). Modelo SIR
- El individuo Infectado se recupera, no desarrolla inmunidad y se vuelve otras veces Susceptible (ej. catarro común). Modelo SIS.
- El individuo Infectado nunca se recupera, y es contagioso hasta su muerte (ej. VIH). Modelo SI.

En este modelo., la probabilidad de que exista un brote o epidemia está determinada por el número básico de reproductibilidad llamado **R₀**, definido como, el número de casos secundarios en una población susceptible, producidos por un individuo infeccioso, y está determinado por la transmisibilidad, tasa de contactos y la duración de la infectividad (Holland J. Notes on R₀ Stanford University, 2007. Consulta on line: Disponible en: <https://web.stanford.edu/~jhj1/teachingdocs/Jones-on-R0.pdf>)



Se asume que los contactos se producen de forma aleatoria acorde a la teoría de redes complejas (Montesino L. O, Hernandez S C. Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas. Salud Pública de México. Vol 49, No 3. Mayo-junio 2007. p218).

PANDEMIA DEL COVID 19

La pandemia de enfermedad por coronavirus de 2019-2020, conocida como epidemia de coronavirus de Wuhan, es una pandemia causada por el virus SARS-CoV-2.

- Enfermedad: COVID 19
- Localización: en todo el mundo
- Primer caso: 17 de noviembre de 2019

- Origen: Wuhan, Hubei, China
- Causas: SARS-CoV-2
- Complicaciones
 - Neumonía
 - Síndrome de dificultad respiratoria aguda
 - Insuficiencia renal aguda
- Modo de transmisión: Entre personas, normalmente aérea debido a las pequeñas gotas que se emiten al estornudar, toser o espirar.

En la década de los años 1930, se descubrieron numerosos coronavirus en aves de corral domésticas, estas causan enfermedades respiratorias, gastrointestinales, hepáticas y neurológicas en animales. Únicamente se conocen 7 coronavirus causantes de enfermedad en los seres humanos:

- 4 de los 7 coronavirus causan síntomas de resfriado común. Los tipos 229E y OC43 son los responsables del resfriado común; se descubrieron los serotipos NL63 y HUK1, que también se asociaron con el resfriado común. En raras ocasiones se pueden producir infecciones graves de las vías respiratorias inferiores, incluida la neumonía, sobre todo en lactantes, personas mayores y personas inmunocomprometidas.
- 3 de los 7 coronavirus causan infecciones respiratorias en los seres humanos mucho más graves e incluso a veces mortales que los demás coronavirus y han causado brotes importantes de neumonía mortal en el siglo XXI:
 - SARS-CoV2 es un nuevo coronavirus identificado como la causa de la enfermedad por coronavirus de 2019 (COVID-19).
 - El MERS-CoV se identificó en 2012 como la causa del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS).
 - El SARS-CoV fue identificado en 2002 como la causa de un brote de síndrome respiratorio agudo grave (SARS).

Estos coronavirus que causan infecciones respiratorias graves son patógenos zoonóticos, que comienzan en animales infectados y se transmiten de los animales a las personas.

El 30 de diciembre, un grupo de médicos del Hospital Central de Wuhan, liderado por la doctora [Ai Fen](#), lanzó una alerta sobre un "coronavirus similar al SARS". Ocho de estos médicos fueron arrestados bajo la acusación de difundir falsos rumores, entre los cuales se encontraba el doctor [Li Wenliang](#).

Tras el desarrollo de un diagnóstico concreto para detectar la infección, la presencia de SARS-CoV-2 fue confirmada en 41 personas del grupo de casos sospechosos en Wuhan. Las primeras muertes se registraron el 9 y 16 de enero de 2020, **ambos hombres con edades superiores a los 60 años**. La tercera muerte se reportó el 19 de enero de 2020 y tres más se agregaron el 21 de enero de 2020.

La Comisión Nacional de Salud de China confirmó públicamente el 20 de enero de 2020 que el nuevo coronavirus se transmitía entre humanos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) advirtió de que podría originarse una epidemia internacional. La OMS declaró el 30 de enero de 2020 la existencia de un riesgo de salud pública de interés internacional, bajo las regulaciones del Reglamento Sanitario Internacional, y

posteriormente el 11 de marzo de 2020 que la enfermedad se consideraba ya una PANDEMIA por la alta cantidad de personas infectadas (118 000) y muertes (4291) que había causado alrededor del mundo (114 países). Desde esa fecha las cifras han seguido incrementándose.

En sólo tres meses la epidemia del coronavirus (COVID-19) se propagó por el mundo mostrando sus devastadores efectos no sólo en el bienestar de las personas sino también en la economía de los países. En el corto plazo, los objetivos de salud pública apuntan a salvar vidas reduciendo la velocidad de propagación del virus para evitar que los sistemas de salud colapsen. Para ello, se han cerrado fronteras, bloqueado actividades económicas y aplicado medidas de aislamiento social con distintos grados de rigurosidad.

Bolivia es uno de los países más vulnerables a la epidemia; su sistema de salud es tan frágil que la única manera de evitar que la enfermedad se propague descontroladamente, con un alto costo en vidas humanas, es el bloqueo de actividades económicas y el aislamiento social estricto. Sencillamente, no existe capacidad suficiente para atender los casos severos (14% del total de infectados) y críticos (5% del total de infectados) en los hospitales (*Wu, Zunyou and Jennifer M. McGoogan. (2020).*

Con la capacidad actual, estimada aproximadamente en 252 camas de internación en Unidades de Terapia Intensiva (UTI) (<https://www.reduno.com.bo/nota/coronavirus-bolivia-tiene-252-camas-de-internacion-y-35-unidades-deterapia-intensiva-para-afrentar-la-fase-2-202031812177>) y la existencia de aproximadamente 150 respiradores artificiales en estas unidades, el sistema de salud vería sobrepasada su capacidad cuando la cifra de infectados supere los 5040, porque no habría espacio suficiente para internar al 5% de pacientes críticos; además, cuando se llegue a 3,000 infectados, no habría la cantidad de respiradores artificiales necesarios para atender a los pacientes críticos que necesitarán ventilación asistida.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El objeto del presente trabajo de investigación es predecir y estimar la tendencia de casos de covid-19 en Bolivia a través del modelo Gompertz, el Modelo Logístico Generalizado y el modelo SIR, utilizando para el efecto el STATA.

HIPÓTESIS:

“Teniendo la parte baja de la Curva, es decir los primeros valores, será posible obtener la curva completa con todos sus parámetros, y poder estimar el crecimiento de la población infectada por COVID-19 en un país o una región, además estimar la población máxima infectada y cuando podría llegar el punto de inflexión, es decir el momento a partir del el número de casos diarios empiece a descender”.

ALCANCES:

Efectúa un análisis del patrón de propagación del COVID-19 en países de China, Corea del Sur, Alemania, Italia, a fin de evaluar su comportamiento y obtener variables que podrían ser extrapolados para valorar el comportamiento de la pandemia en Bolivia e identificar los

tiempos claves que permitan establecer la situación actual de la pandemia en el país, y hacia donde debería ir dirigido una política en salud y cuidado de la población.

▪ Población de estudio:	11633731 habitantes	
▪ Superficie:	1098581 Km ²	
▪ Densidad poblacional:	11 hts/km ²	
▪ Inicio de la pandemia en Bolivia:	10 de marzo de 2020	
▪ Fecha transversal para el análisis:	3 de mayo de 2020	
▪ Número de días transcurridos:	56 días	
▪ Situación de análisis: (cuarentena)	EMERGENCIA	SANITARIA

3. RESULTADOS

MODELO GUMPERTZ (proyección de la tasa de contagios al 31 de mayo de 2020)

- Modelo matemático

$$G(t) = ae^{-be^{-ct}}$$

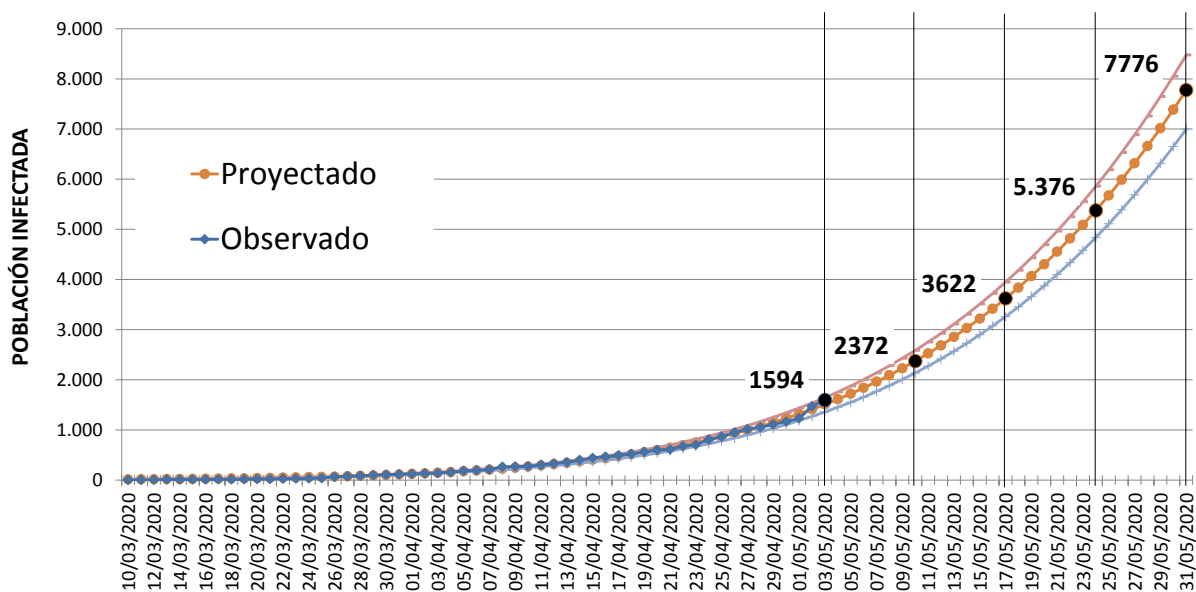
- Constantes calculadas del modelo

Source	SS	df	MS		
Model	17070196	3	5690065.4	Number of obs =	55
Residual	39434.789	52	758.361326	R-squared =	0.9977
Total	17109631	55	311084.2	Adj R-squared =	0.9976
				Root MSE =	27.53836
				Res. dev. =	517.7121

infbol	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
/a	1448260	2810799	0.52	0.609	-4192020 7088540
/b	-11.73765	1.730367	-6.78	0.000	-15.20989 -8.265418
/c	-.0097465	.002447	-3.98	0.000	-.0146569 -.0048362

- Proyección de casos semana a semana al 31 de mayo según el modelo GUMPERTZ
 - Franja de límites del 10% más, menos

GUMPERTZ Tendencia para Bolivia



- Resumen de datos al 31 de mayo de 2020

- Máximo de casos: 8476
- Medio: 7776
- Mínimo de casos: 6998

MODELO LOGÍSTICO GENERALIZADO (proyección de la tasa de contagios al 31 de mayo de 2020)

- Modelo matemático

$$P(t) = \frac{M}{1 + e^{-at+b}}$$

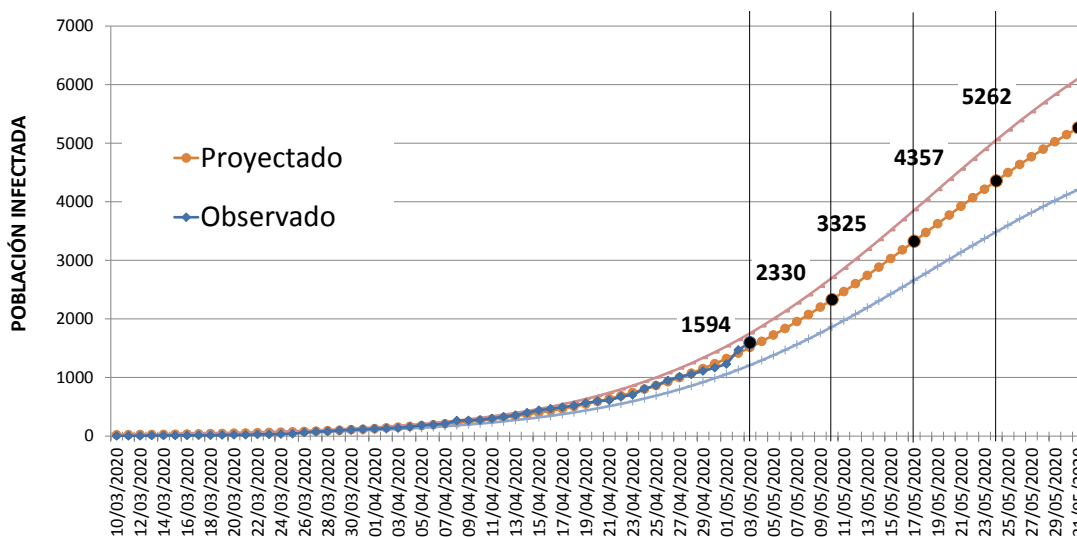
- Constantes calculadas del modelo

Source	SS	df	MS			
Model	17062649	3	5687549.73	Number of obs =	55	
Residual	46981.802	52	903.496192	R-squared =	0.9973	
				Adj R-squared =	0.9971	
				Root MSE =	30.05821	
Total	17109631	55	311084.2	Res. dev. =	527.3433	

infbol	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
/M	7096.918	2511.013	2.83	0.007	2058.202 12135.63
/a	-.0842582	.0036622	-23.01	0.000	-.0916069 -.0769096
/b	5.939748	.2565983	23.15	0.000	5.424845 6.45465

- Proyección de casos semana a semana al 31 de mayo de 2020 según el modelo LOGISTICO GENERALIZADO
 - Franja de límite del 20% más, menos

REGRESION LOGISTICA GENERALIZADA Tendencia para Bolivia



- Resumen de datos al **31 de mayo de 2020**
 - Máximo de casos: 6104
 - Medio: 5262
 - Mínimo de casos: 4210

MODELO SIR (proyección de la tasa de contagios al 31 de mayo de 2020)

- Modelo matemático

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$$

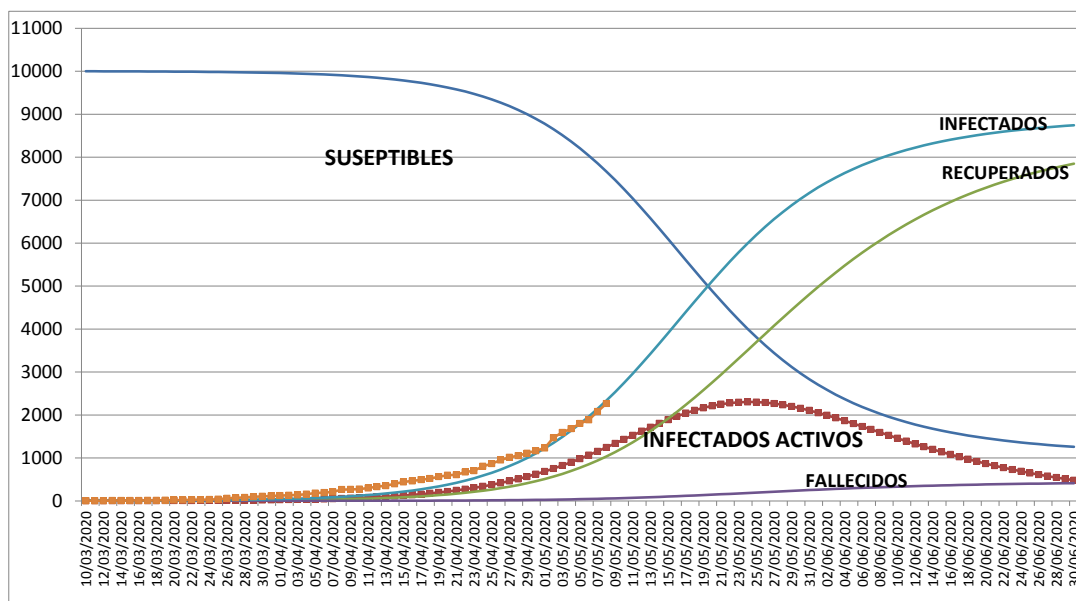
$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I \quad (1)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

- Constantes calculadas del modelo

duracionmedia de la enfermedad	11.5
tasa diaria de infeccion	2.1
probabilidad de contagio	10%
Poblacion recuperada	95%
Poblacion fallecida	5%

- Proyección de casos semana a semana al 31 de mayo de 2020 según el modelo SIR

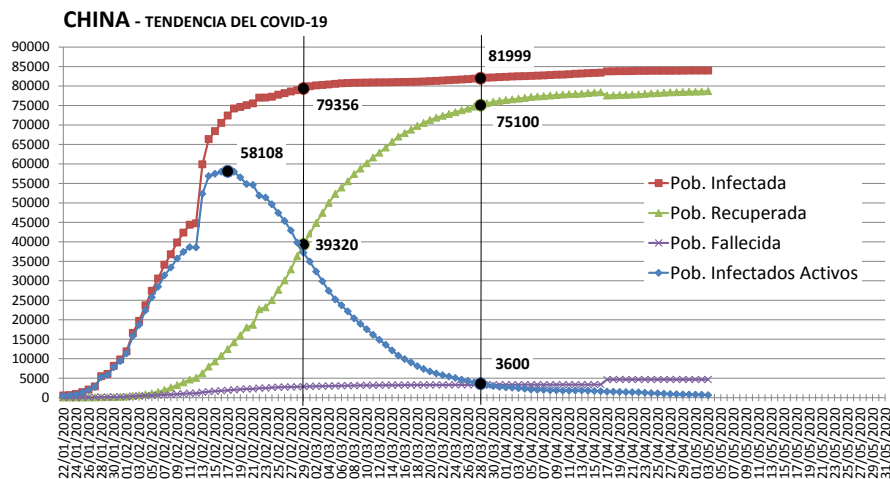


- Resumen de datos al **31 de mayo de 2020**
 - Máximo de casos: 7500
 - Medio: 9000
 - Mínimo de casos: 6000

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA PANDEMIA EN PAÍSES DONDE SE PRESENTO CON ANTERIORIDAD LA PANDEMIA

Se revisó y analizo el comportamiento infeccioso del COVID-19 en países de China, Corea del Sur, Alemania, Nueva Zelanda, Itali y Chile para identificar patrones de comportamiento que permitan con cierto grado de probabilidad determinar el pico de contagios en el territorio Boliviano.

a) COMPORTAMIENTO DE LA PANDEMIA EN CHINA



ANÁLISIS RESPECTO AL PRIMER PUNTO DE INFLEXIÓN

- El 29 de febrero de 2020, se identifica el PRIMER PUNTO de inflexión entre la curva de POBLACIÓN INFECTADOS ACTIVOS y la POBLACIÓN DE RECUPERADOS que podemos denominarlo punto de inflexión de personas recuperadas (PIPRe).
- Proyectando el punto PIPRe hacia la curva de POBLACIÓN INFECTADA, se observa que esta última llega a 79356 personas infectadas.
- En el punto PIPRe, la población recuperada alcanza a 39320 personas (50% respecto a la población total infectada).
- A partir de este punto se observa que la curva de POBLACIÓN INFECTADA se va haciendo más llana.

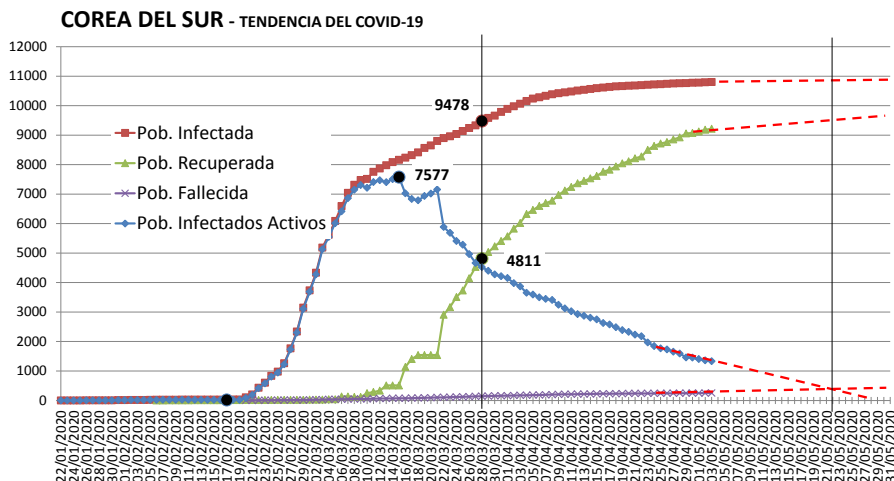
ANÁLISIS RESPECTO AL SEGUNDO PUNTO DE INFLEXIÓN

- El 28 de marzo de 2020, se identifica el SEGUNDO PUNTO de inflexión entre la curva de POBLACIÓN INFECTADOS ACTIVOS y la POBLACIÓN DE FALLECIDOS que podemos denominarlo punto de inflexión de personas fallecidas (PIPFa).
- Proyectando el punto PIPFa hacia la curva de POBLACIÓN INFECTADA, se observa que esta última llega a 81999 personas infectadas.
- En el punto PIPFa, la población fallecida alcanza a 3600 personas (4.39% respecto a la población total infectada).
- A partir de este punto se observa que la curva de POBLACIÓN INFECTADA se va haciendo aún más llana.

Se concluye que:

- Con alta probabilidad el **PICO** de la pandemia en CHINA bordea cuando se llega a tener el punto de inflexión PIPFa, unas **82000 personas +- 3000 personas**.
- Que la curva de personas infectadas se va haciendo más llana cuando la POBLACIÓN RECUPERADA llega a ser aproximadamente 50% de la POBLACIÓN TOTAL INFECTADA.

b) COMPORTAMIENTO DE LA PANDEMIA EN COREA DEL SUR



Inicialmente hacer notar que en **COREA DEL SUR** aún no se ha llegado al SEGUNDO PUNTO DE INFLEXIÓN, y que las líneas rojas punteadas representan una aproximación a esta condición.

ANÁLISIS RESPECTO AL PRIMER PUNTO DE INFLEXIÓN

- El 28 de marzo de 2020, se identifica el PRIMER PUNTO de inflexión entre la curva de POBLACIÓN INFECTADOS ACTIVOS y la POBLACIÓN DE RECUPERADOS que podemos denominarlo punto de inflexión de personas recuperadas (PIPre).
- Proyectando el punto PIPRe hacia la curva de POBLACIÓN INFECTADA, se observa que esta última llega a 9478 personas infectadas.
- En el punto PIPRe, la población recuperada alcanza a 4811 personas (51% respecto a la población total infectada).
- A partir de este punto se observa que la curva de POBLACIÓN INFECTADA se va haciendo más llana progresivamente en el tiempo.

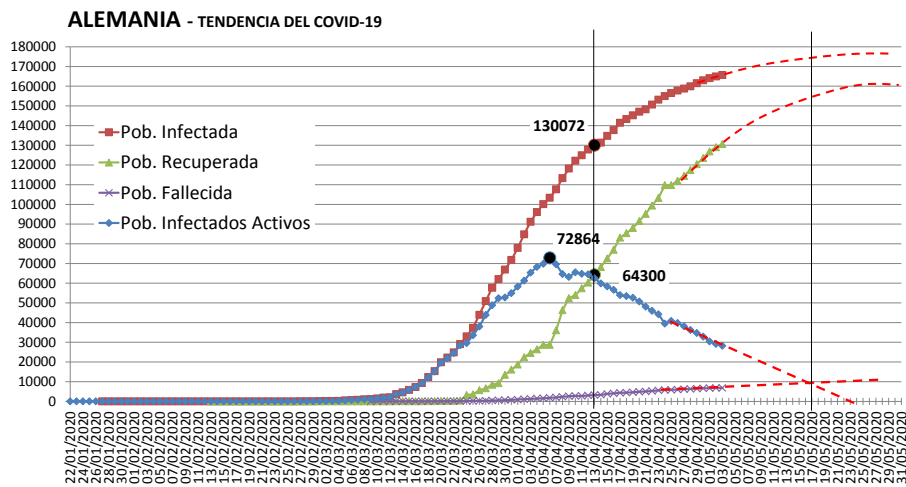
ANÁLISIS RESPECTO AL SEGUNDO PUNTO DE INFLEXIÓN

- Según el comportamiento que se observa, se estima que este punto podría llegar entre el 21 y 23 de mayo de 2020, siendo esta el SEGUNDO PUNTO de inflexión entre la curva de POBLACIÓN INFECTADOS ACTIVOS y la POBLACIÓN DE FALLECIDOS que podemos denominarlo punto de inflexión de personas fallecidas (PIPFa).
- Proyectando el punto PIPFa hacia la curva de POBLACIÓN INFECTADA, se observa que esta última llega a aproximadamente 10900 personas infectadas.
- En el punto PIPFa, la población fallecida aproximadamente alcanzaría cerca de las 450 personas (aproximadamente 4.12% respecto a la población total infectada).
- A partir de este punto se observa que la curva de POBLACIÓN INFECTADA se va haciendo aún más llana.

Se concluye que:

- Con alta probabilidad el **PICO** de la pandemia en COREA DEL SUR bordea cuando se llega a tener el punto de inflexión PIPFa, unas **10900 personas +- 500 personas**.
- La curva de personas infectadas se va haciendo más llana cuando la POBLACIÓN RECUPERADA llega a ser aproximadamente 50% de la POBLACIÓN TOTAL INFECTADA.

c) COMPORTAMIENTO DE LA PANDEMIA EN ALEMANIA



Inicialmente hacer notar que en **ALEMANIA** aún no se ha llegado al SEGUNDO PUNTO DE INFLEXIÓN, y que las líneas rojas punteadas representan una aproximación a esta condición.

ANÁLISIS RESPECTO AL PRIMER PUNTO DE INFLEXIÓN

- El 13 de abril de 2020, se identifica el PRIMER PUNTO de inflexión entre la curva de POBLACIÓN INFECTADOS ACTIVOS y la POBLACIÓN DE RECUPERADOS que podemos denominarlo punto de inflexión de personas recuperadas (PIPre).
- Proyectando el punto PIPRe hacia la curva de POBLACIÓN INFECTADA, se observa que esta última llega a 130072 personas infectadas.
- En el punto PIPRe, la población recuperada alcanza a 64300 personas (50% respecto a la población total infectada).
- A partir de este punto se observa que la curva de POBLACIÓN INFECTADA se va haciendo más llana progresivamente en el tiempo.

ANÁLISIS RESPECTO AL SEGUNDO PUNTO DE INFLEXIÓN

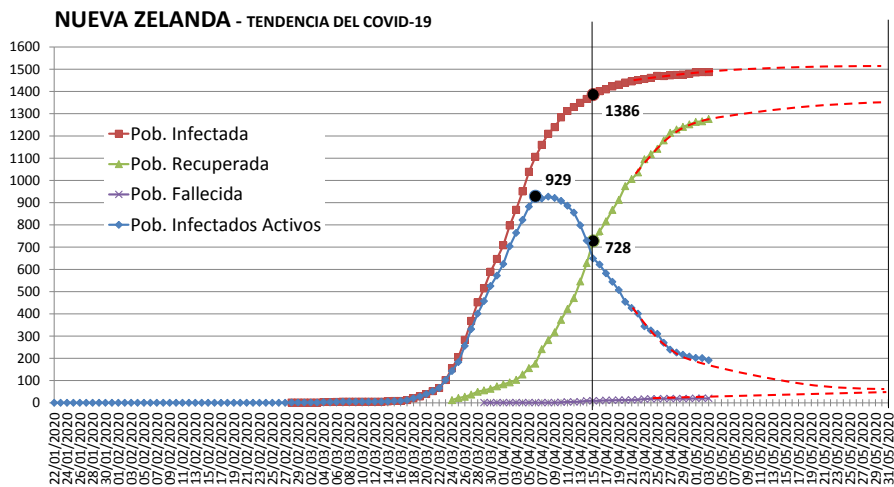
- Según el comportamiento que se observa, se estima que este punto podría llegar entre el 15 y 19 de mayo de 2020, siendo esta el SEGUNDO PUNTO de inflexión entre la curva de POBLACIÓN INFECTADOS ACTIVOS y la POBLACIÓN DE FALLECIDOS que podemos denominarlo punto de inflexión de personas fallecidas (PIPFa).
- Proyectando el punto PIPFa hacia la curva de POBLACIÓN INFECTADA, se observa que esta última llega a aproximadamente 170500 personas infectadas.
- En el punto PIPFa, la población fallecida aproximadamente alcanzaría cerca de las 10000 personas (aproximadamente 5% respecto a la población total infectada).
- A partir de este punto se observa que la curva de POBLACIÓN INFECTADA se va haciendo aún más llana.

Se concluye que:

- Con alta probabilidad el **PICO** de la pandemia en ALEMANIA bordea cuando se llega a tener el punto de inflexión PIPFa, unas **170500 personas +- 10000 personas**.

La curva de personas infectadas se va haciendo más llana cuando la POBLACIÓN RECUPERADA llega a ser aproximadamente 50% de la POBLACIÓN TOTAL INFECTADA.

d) COMPORTAMIENTO DE LA PANDEMIA EN NUEVA ZELANDA



Inicialmente hacer notar que en **NUEVA ZELANDA** aún no se ha llegado al SEGUNDO PUNTO DE INFLEXIÓN, y que las líneas rojas punteadas representan una aproximación a esta condición.

ANÁLISIS RESPECTO AL PRIMER PUNTO DE INFLEXIÓN

- El 15 de abril de 2020, se identifica el PRIMER PUNTO de inflexión entre la curva de POBLACIÓN INFECTADOS ACTIVOS y la POBLACIÓN DE RECUPERADOS que podemos denominarlo punto de inflexión de personas recuperadas (PIPre).
- Proyectando el punto PIPRe hacia la curva de POBLACIÓN INFECTADA, se observa que esta última llega a 1386 personas infectadas.
- En el punto PIPRe, la población recuperada alcanza a 728 personas (53% respecto a la población total infectada).
- A partir de este punto se observa que la curva de POBLACIÓN INFECTADA se va haciendo más llana progresivamente en el tiempo.

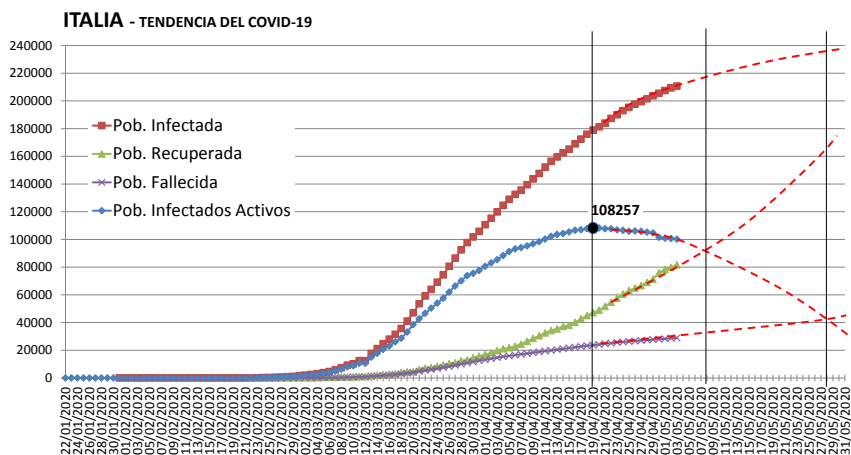
ANÁLISIS RESPECTO AL SEGUNDO PUNTO DE INFLEXIÓN

- Según el comportamiento que se observa, se estima que este punto podría llegar entre a finales del mes de mayo, una fecha estimada es el 31 de mayo de 2020, siendo este el SEGUNDO PUNTO de inflexión entre la curva de POBLACIÓN INFECTADOS ACTIVOS y la POBLACIÓN DE FALLECIDOS que podemos denominarlo punto de inflexión de personas fallecidas (PIPFa).
- Proyectando el punto PIPFa hacia la curva de POBLACIÓN INFECTADA, se observa que esta última llega a aproximadamente 1600 personas infectadas.
- En el punto PIPFa, la población fallecida aproximadamente alcanzaría cerca de las 50 personas (aproximadamente 3% respecto a la población total infectada).
- A partir de este punto se observa que la curva de POBLACIÓN INFECTADA se va haciendo aún más llana.

Se concluye que:

- Con alta probabilidad el **PICO** de la pandemia en NUEVA ZELANDA bordea cuando se llega a tener el punto de inflexión PIPFa, unas **1600 personas +- 20 personas**.
- La curva de personas infectadas se va haciendo más llana cuando la POBLACIÓN RECUPERADA llega a ser aproximadamente 53% de la POBLACIÓN TOTAL INFECTADA.

e) COMPORTAMIENTO DE LA PANDEMIA EN ITALIA



Inicialmente hacer notar que en **ITALIA** aún no se ha llegado al PRIMER ni al SEGUNDO PUNTO DE INFLEXIÓN, y que las líneas rojas punteadas representan una aproximación a esta condición.

ANÁLISIS RESPECTO AL PRIMER PUNTO DE INFLEXIÓN

- Según el comportamiento que se observa, se estima que este punto podría llegar entre El 8 y el 9 de mayo de 2020, siendo este el PRIMER PUNTO de inflexión entre la curva de POBLACIÓN INFECTADOS ACTIVOS y la POBLACIÓN DE RECUPERADOS que podemos denominarlo punto de inflexión de personas recuperadas (PIPre).
- Proyectando el punto PIPRe hacia la curva de POBLACIÓN INFECTADA, se observa que esta última llega a aproximadamente unas 220000 personas infectadas.
- En el punto PIPRe, la población recuperada aproximadamente sería 90000 personas (41% respecto a la población total infectada).
- A partir de este punto se esperaría que la curva de POBLACIÓN INFECTADA se vaya haciendo más llana progresivamente en el tiempo.

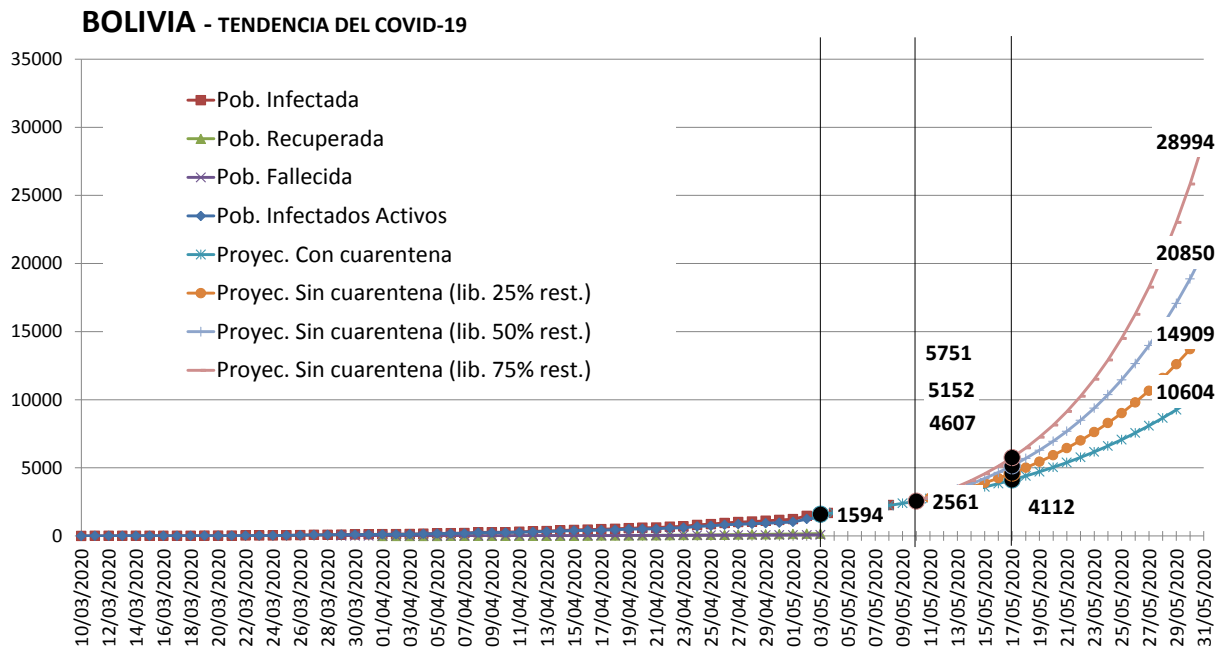
ANÁLISIS RESPECTO AL SEGUNDO PUNTO DE INFLEXIÓN

- Según el comportamiento que se observa, se estima que este punto podría llegar a finales del mes de mayo, una fecha estimada sería entre el 27 y el 31 de mayo de 2020, siendo este el SEGUNDO PUNTO de inflexión entre la curva de POBLACIÓN INFECTADOS ACTIVOS y la POBLACIÓN DE FALLECIDOS que podemos denominarlo punto de inflexión de personas fallecidas (PIPFa).
- Proyectando el punto PIPFa hacia la curva de POBLACIÓN INFECTADA, se observa que esta última llega a aproximadamente 230500 personas infectadas.
- En el punto PIPFa, la población fallecida aproximadamente alcanzaría cerca de las 40000 personas (aproximadamente 15% respecto a la población total infectada).
- A partir de este punto se esperaría que la curva de POBLACIÓN INFECTADA se vaya haciendo aún más llana.

Se concluye que:

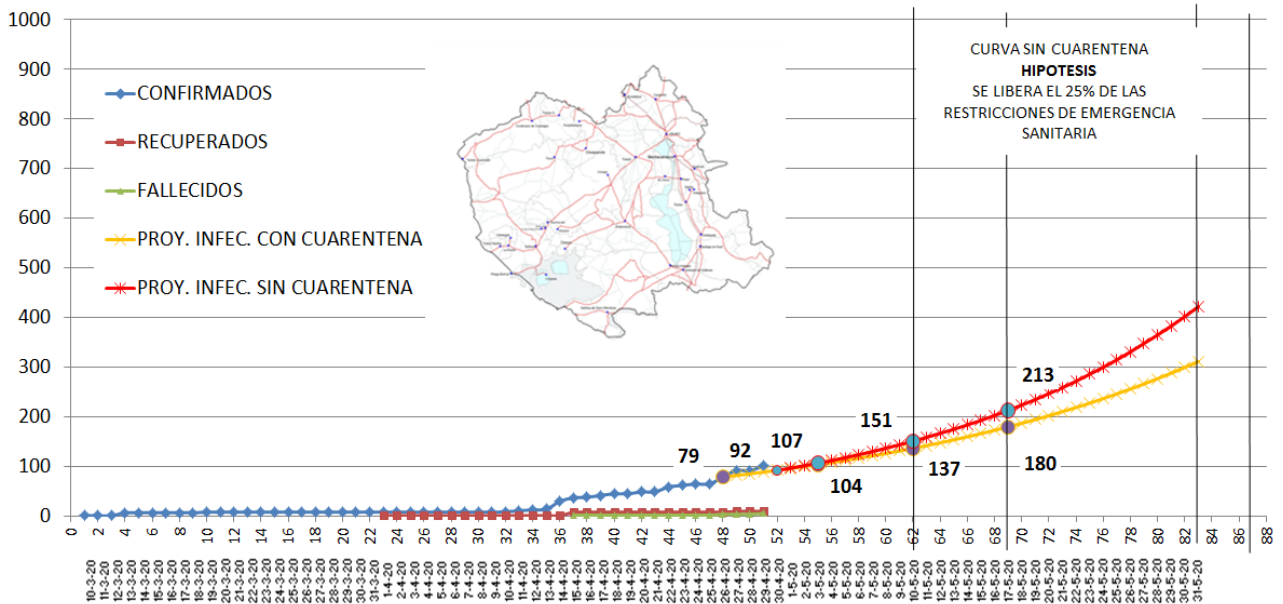
- Con alta probabilidad el **PICO** de la pandemia en ITALIA bordea cuando se llega a tener el punto de inflexión PIPFa, unas **230500 personas +- 10000 personas**.
- La curva de personas infectadas se va haciendo más llana cuando la POBLACIÓN RECUPERADA llega a ser aproximadamente 41% de la POBLACIÓN TOTAL INFECTADA.

PROYECCIONES REALIZADA PARA BOLIVIA



PROYECCIONES REALIZADA PARA BOLIVIA

PROYEC. para ORURO segun su patron de comportamiento



4. CONCLUSIONES

¿CUANDO LEVANTAR LA CUARENTENA?

Análisis Preliminar

En su generalidad son varios factores (internos y externos) los que determinan tomar esta decisión, aun así es una pregunta difícil de responder, más aun cuando se trata de la vida propia.

Según el análisis efectuado en países donde se ha presentado con anterioridad el COVID-19, se ha encontrado que una de las variables para LEVANTAR GRADUALMENTE LA CUARENTENA fue el **TOTAL DE PERSONAS RECUPERADAS**. El cuadro siguiente muestra los datos de personas CONTAGIADAS, RECUPERADAS Y FALLECIDAS en países donde se **han ido levantando gradualmente las medidas de cuarentena al 21 de abril de 2020**.

Al 21 de abril de 2020	POB. TOTAL	Sup ₂ (km ²)	Hts/ km ²	CONTAGIOS		RECUPERADOS		FALLECIDOS	
				TOTAL	x cada 100000 hts	TOTAL	Sobre tot. contagios (%)	TOTAL	Sobre tot. contagios (%)
REPUB. CHECA	10649800	78870	135	7033	66	1753	24.9	201	11.5
DINAMARCA	5806081	42920	135	8073	139	5384	66.7	394	7.3
AUSTRIA	8858775	83879	106	14873	168	10971	73.8	491	4.5
IRAN	82360000	1745150	47	84802	103	60965	71.9	5297	8.7
ALEMANIA	83019213	357580	232	148291	179	95200	64.2	5033	5.3
CHINA	1395380000	9562910	146	83853	6	77799	92.8	4636	6.0
COREA DEL SUR	51635000	100339	515	10683	21	8213	76.9	237	2.9
PROMEDIO							67.3		6.6
BOLIVIA Al 8 de mayo	11633731	1098581	11	2266		237	10.5	106	4.7

- World Health Organization (Situation report 1"21januari2020" to 91"21april2020")
- Ministerio de salud – Bolivia
- <https://datosmacro.expansion.com/paises/republica-checa>
- <https://datosmacro.expansion.com/paises/dinamarca>
- <https://datosmacro.expansion.com/paises/austria>
- <https://datosmacro.expansion.com/paises/iran>
- <https://datosmacro.expansion.com/paises/alemania>
- <https://datosmacro.expansion.com/paises/corea-del-sur>
- <https://datosmacro.expansion.com/paises/defensa/china>
- <https://datosmacro.expansion.com/paises/bolivia>

Se observa que, en promedio los países han ido levantado las medidas de cuarentena cuando la tasa de recuperados ha sobrepasado el **65 %**. Si observa los gráficos de compartito del COVID-19 por países (<https://es.tradingview.com/covid19/>) observara que la curva de recuperados, va acercándose gradualmente a la curva de contagiados.

Al 8 de mayo de 2020, más de 55 días de la presencia del COVID-19 en BOLIVIA, la tasa de recuperados ha alcanza el **10.5%**.

El análisis considero como variables las condiciones actuales de EMERGENCIA SANITARIA (cuarentena) al 20 de abril de 2020

- Salida según dígito del carnet de identidad
- Tiempo de contacto persona–persona de máximo 6 hrs (6:00 a 12:00) por 5 días/semana

Por la sensibilidad de estas variables, un cambio en ellas debe ser analizado cuidadosamente y estar en función de la capacidad de los centros de salud, tendencias de las personas recuperadas, cuidado sanitario y resistencia al virus de cada persona, siendo esta última función estricta de la salud y la alimentación.

La población como directo afectado de esta pandemia, debe tener la conciencia y la responsabilidad suficiente para tomar las medidas y acciones necesarias, para el cuidado de su salud, cuidado de la salud de las personas cercanas (familia) y del entorno en general.