

Proyecto Final - Covid-19

Nicolás Ferreira | Luis Gagnevin

5/7/2021



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Nuevas tecnologías para el análisis estadístico de datos

Docentes:

- Natalia Da Silva
- Federico Molina

Resumen

El siguiente trabajo tiene como objetivo la presentación del proyecto final del curso *Nuevas Tecnologías para el análisis estadístico de datos* del año 2021. A lo largo del mismo, se aplicarán distintas técnicas de investigación mediante herramientas computacionales aprendidas en el curso para realizar un análisis exploratorio del Covid-19. Se hará énfasis en la evolución de la epidemia en la región y principalmente en Uruguay, profundizaremos en indicadores como la Tasa de Letalidad e Infección y estudiaremos el efecto que ha tenido la vacunación de nuestra población, entre otros puntos. Para esto, se hará uso del software Rstudio, realizando una [aplicación web Shiny](#), siendo reproducible y disponible para su uso en GitHub.

Introducción

Coronavirus es una familia de virus conocidos por causar enfermedades que afectan las vías respiratorias de las personas, en mayor manera a la población de más edad y/o con enfermedades respiratorias o pobres condiciones físicas.

EL COVID-19 es la enfermedad causada por el coronavirus y nos ha afectado de gran manera en estos años. La misma se originó a fines del 2019 con una infección en China y fue declarada pandemia por la OMS el 30 de Enero de 2020, transformándose en una de las crisis sanitarias que más ha afectado a la humanidad.

¿Cómo ha sido la evolución de Coronavirus en la región? ¿Cuándo fue el pico de muertes en Uruguay? ¿Es Uruguay el país en la situación más crítica en la actualidad? ¿Han tenido las vacunas un impacto positivo en la reducción de casos? Estas son preguntas que pueden surgir naturalmente cuando tratamos en el tema del Covid-19.

Para responder esto, hay diversas fuentes de datos que permiten un relevamiento de toda la información. En nuestro caso, trabajaremos sobre un conjunto de datos actualizados de [data.world](#), los cuáles tienen el recuento de casos positivos, nuevos, recuento de personas fallecidas y por día, para todos los países del mundo. A su vez, trabajaremos con los datos de las vacunas en Uruguay, tomados del [repositorio de 3dgiordano](#) los cuáles se actualizan a diario.

A partir de ellos, pretendemos dar respuesta a estas interrogantes, analizando de manera descriptiva los datos hasta el momento, aplicando diversas técnicas aprendidas durante el curso.

Datos

Análisis exploratorio de los datos

El conjunto de datos con los que trabajaremos contiene información del Covid-19 a partir el 21 de Enero de 2020. Para nuestro análisis, las variables que consideraremos son:

- País
- Continente
- Fecha
- Cantidad de personas positivas
- Cantidad de nuevos contagios por día
- Cantidad de fallecimientos
- Cantidad de fallecimientos por día

La pandemia del Covid-19 ha impactado en mayor o menor grado a nivel mundial, siendo hasta la fecha más de 220 países y territorios del mundo afectados y más de 3.9 millones de personas fallecidas hasta el momento.

A modo de contextualizar el efecto negativo que ha producido la pandemia sobre la población mundial, se presenta el siguiente mapa donde se puede observar fácilmente los países que han presentado mayor cantidad de personas fallecidas a raíz de la virus.

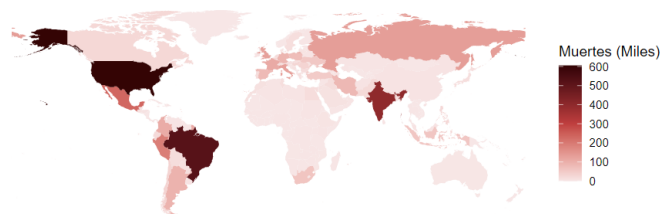


Figura 1: Mapa mundial de fallecidos por Covid-19. Este gráfico surge de la aplicación Shiny.

A partir de este gráfico, se observa que Brasil, Estados Unidos e India han sido los países que más muertes han tenido en su población como consecuencia de la pandemia.

Sin embargo, dado la diferencia que hay entre las poblaciones de cada país, es difícil sacar alguna conclusión comparativa entre ellos respecto a la mortalidad del virus. Para ayudar con esto, se presenta a continuación una tabla con la proporción de fallecidos por la población para cada continente.

Cuadro 1: Resumen del efecto de la epidemia por continente			
Continente	Personas infectadas	Personas fallecidas	Proporción de fallecidos por población
Africa	5640746.00	144840.00	0.01
America	72957891.00	1915775.00	0.17
Asia	55196020.00	780391.00	0.02
Europe	49180988.00	1120788.00	0.14
Oceania	74998.00	1277.00	0.00
	454.00	7.00	0.00

Concentrándonos en la relación entre muertes y cantidad de habitantes por continente, se observa que el más afectado hasta el momento ha sido América, donde la cantidad de personas fallecidas representan el 0,169 % de su población aproximadamente, seguido por Europa con un 0,138 %. El continente menos afectado por la pandemia considerando el porcentaje de fallecidos sobre su población es Oceanía.

Evolución de la epidemia en América

Los primeros registros de casos de Covid-19 se dan en Brasil y Chile el día el 29 de Febrero de 2020. El primer fallecido a causa del coronavirus se registra en Argentina, el 8 de Marzo del 2020, 4 días antes de que se registrara el primer caso en nuestro país.

Profundizando en el impacto de la epidemia en nuestro continente, procederemos a realizar un análisis por cohorte, en donde trabajaremos con los datos segmentados de acuerdo a la fecha de primer contagio por cada país.

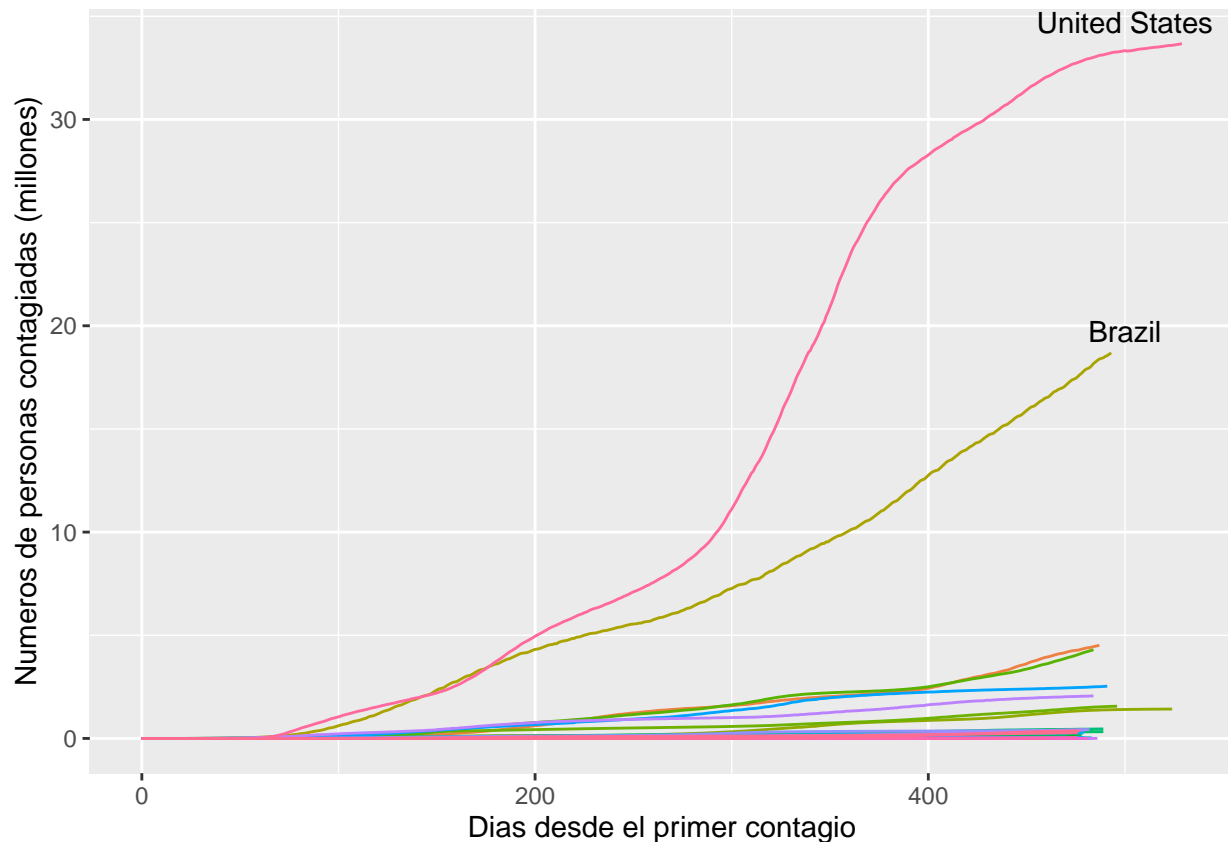


Figura 2: Evolución de la epidemia desde el primer día de contagio por país. Se puede observar claramente que en Estados Unidos y Brasil, el número de personas contagiadas fue notoriamente superior a los restantes países del continente.

Se puede apreciar que a partir de los 100 días desde el primer contagio, el comportamiento de la pandemia comienza a mostrar diferencias de acuerdo a cada país. Esto se vio afectado por las diferentes decisiones políticas tomadas por cada gobierno para combatir la epidemia del Covid-19.

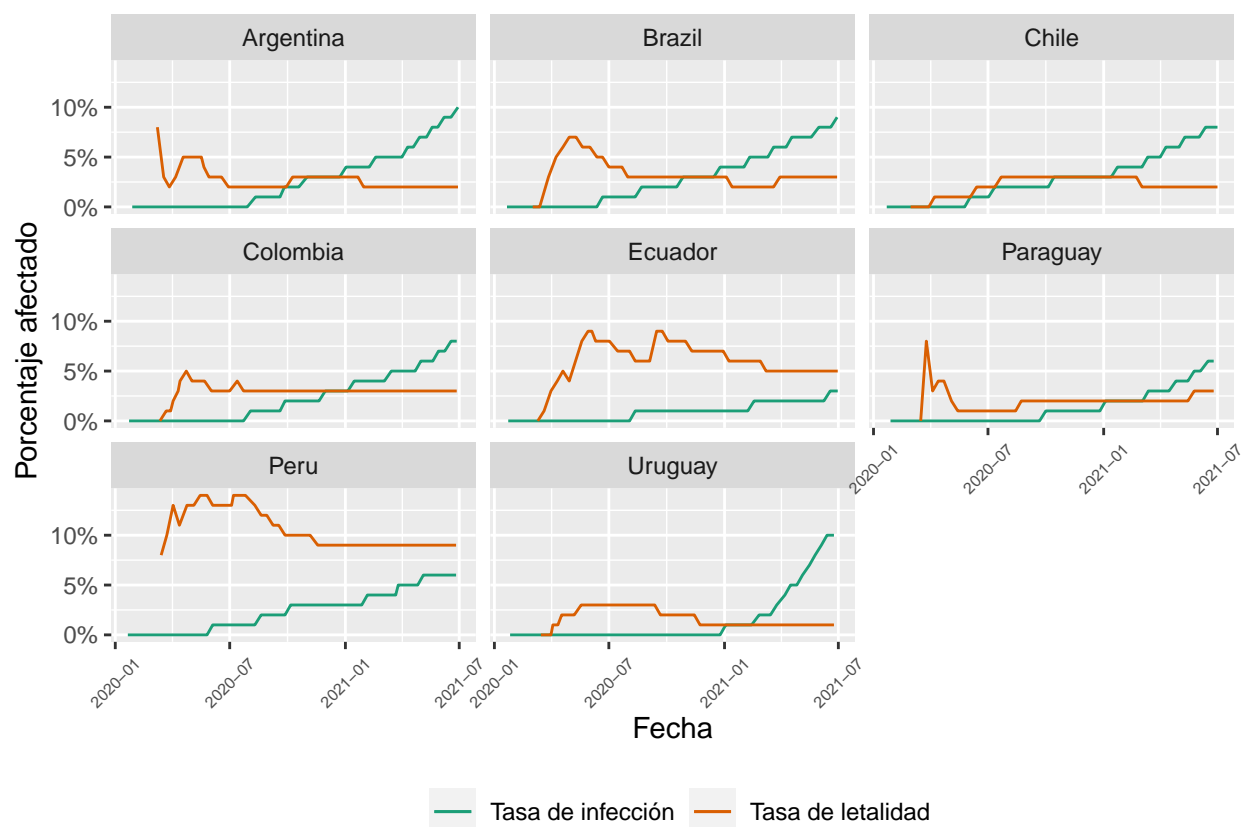
Si bien este gráfico nos permite una visualización global a nivel de la región, es complejo obtener alguna conclusión respecto a la letalidad del virus en cada país dado la diferencia poblacional que hay entre los países.

Para poder realizar este tipo de comparación, uno de los principales indicadores en la epidemiología es la Tasa de Letalidad, la cual se define como el cociente entre la cantidad de personas fallecidas a causa de una determinada enfermedad en un período de tiempo y el número de las personas afectadas por esa misma enfermedad en ese mismo período. En nuestro caso, nos permitirá comparar el efecto del Covid-19 en los países de América.

A su vez, otro indicador que permite comparar el efecto del coronavirus entre los países es la Tasa de Infectados, que se define como el cociente entre el número de personas afectadas a raíz del virus y la población total del país.

Es preciso recordar, que el número de infecciones es un denominador altamente complejo, ya que es muy difícil estimar el total de casos infectados asintomáticos que no son registrados. En nuestro trabajo, nos centraremos únicamente en aquellos casos confirmados de Covid-19 que fueron registrados.

A continuación se podrá visualizar un panel con los países de la región, en dónde se observa la evolución de las tasas de infección y letalidad, y un cuadro a modo de resumen donde se tiene el promedio de estas tasas por país y a su vez la fecha en donde tuvieron su máximo valor.



Podemos observar que Uruguay y Chile han sido los únicos países que han mantenido por debajo del 5 % la tasa de letalidad del virus en lo que va desde el comienzo de la epidemia.

Actualmente, a excepción de Perú y Ecuador, quienes aún tienen la tasa de letalidad por encima que la tasa de infección, todos los países de la región han logrado disminuir la letalidad y que su tasa quede por debajo de la tasa de infección.

Podemos apreciar también como la tasa de infección presenta una pronunciada tendencia de ascenso a nivel general en la región, lo que representa que cada vez es mayor la proporción de personas que contraen la enfermedad en cada país, siendo Uruguay quien actualmente presenta la mayor tasa de infección en la región.

País	Promedio de Infección	Promedio de Letalidad	Pico de infección	Pico de letalidad
Argentina	3.11	2.65	2021-06-29	2020-03-08
Brazil	3.20	3.49	2021-06-29	2020-05-01
Chile	3.35	2.35	2021-06-21	2021-02-22
Colombia	2.52	3.04	2021-06-27	2020-04-23
Ecuador	1.06	6.20	2021-06-18	2020-06-04
Paraguay	1.55	2.09	2021-06-16	2020-03-25
Peru	2.71	10.52	2021-05-25	2020-07-07
Uruguay	1.63	1.73	2021-06-13	2020-08-10

A partir del cuadro podemos observar que el pico máximo de letalidad en los países de la región se generó en 2020, entre Febrero y Agosto, cuando la epidemia estaba en sus inicios. Uruguay es quién presenta el pico de letalidad más próximo a la actualidad, siendo el 10 de Agosto del 2020.

Profundizando en esta tasa de letalidad, se presenta a continuación un gráfico con la evolución de la misma en todos los países de la región.

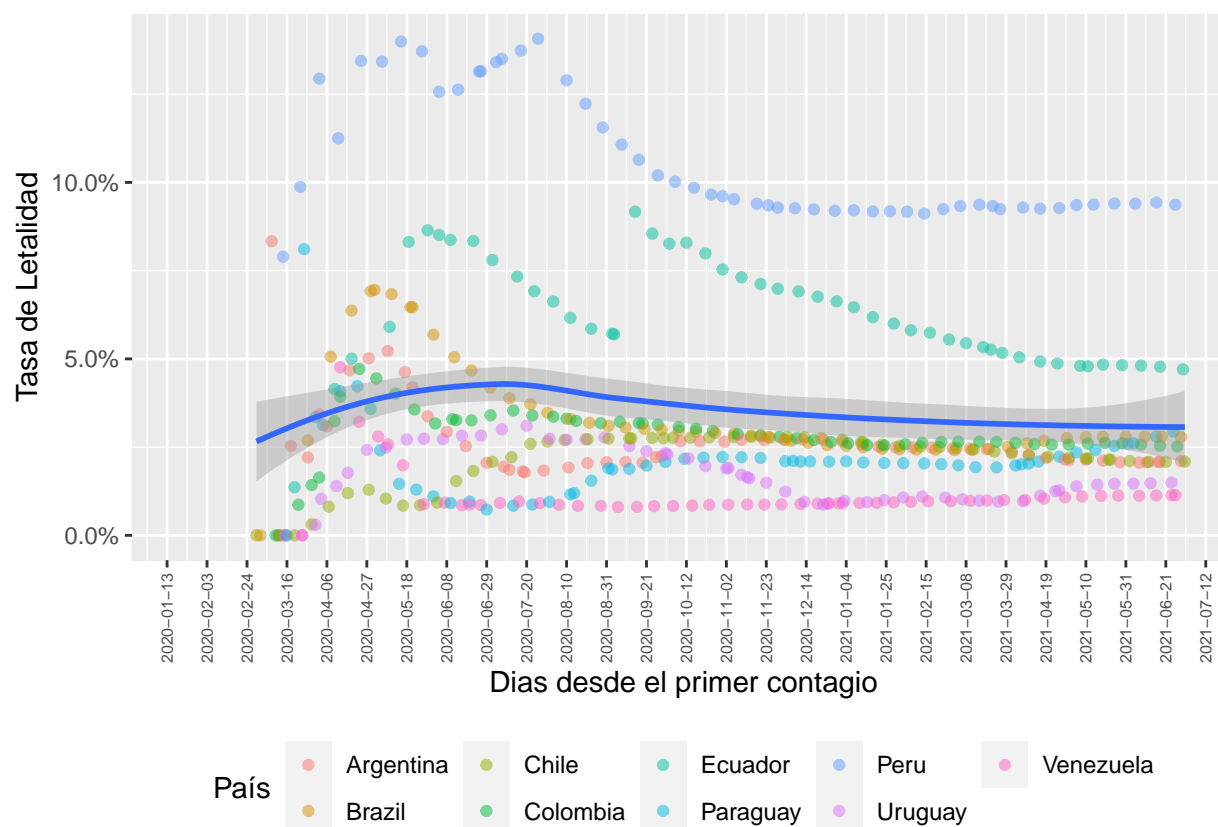


Figura 3: Evolución de la Tasa de Letalidad en los países de la región con modelado de regresión local (LOESS). Se aprecia como Perú y Ecuador han sido los países de la región donde el virus del Covid-19 ha sido más letal.

Los países ubicados en centro américa fueron los que mayoritariamente presentaron una tasa muy elevada desde el primer día que tuvieron alguna persona infectada. Por otra parte, Perú es quién tiene mayor Tasa de Letalidad promedio en la región con un valor de 10.6%; seguido por Ecuador con 6.17%. Brasil y Estados Unidos que han sido los países con mayor cantidad de personas contagiadas, presentan un promedio en la

Tasa de Letalidad de 3,4 % y 2,9 % respectivamente. Uruguay, presenta un promedio de 1,74 % y su máximo valor fue 3.160920 %, detectado el 18 de Julio de 2020.

El comportamiento de esta tasa a nivel de la región ha sido bastante homogéneo a pesar de que Perú y Ecuador están por encima de la tasa promedio de la región (3,69 %). En la primera etapa de contagio fue el momento en mayor incertidumbre y donde la letalidad del virus fue más alta. Con el pasar de las semanas, se puede apreciar una tendencia a la disminución de esta tasa en los países de mayor letalidad y una concentración entre los valores 1 % y 3 % en los países restantes.

A pesar de que los países con el pasar del tiempo han podido combatir esta epidemia y lograr disminuir su letalidad en la población, las variantes que han surgido del virus no dejan bajar la guardia y no permite visualizar un horizonte cercano donde se vuelva a la normalidad tal cual lo era antes.

Además de las medidas y protocolos sanitarios para combatir el Covid-19 como son el distanciamiento social, lavado permanente de manos y uso de tapabocas, la vacunación contra el virus tiene como uno de sus objetivos lograr que esta letalidad sea mínima.

A continuación profundizaremos en la evolución del Covid-19 en Uruguay y el efecto que ha tenido la vacunación en combatir esta enfermedad.

Evolución del Covid-19 en Uruguay

Centrándonos en nuestro país, el primer contagio se da el 12 de Marzo de 2020. En ese momento, la incertidumbre y el miedo invadieron a la población. Si bien desde el punto de vista sanitario Uruguay ha presentado hasta el momento una evolución de casos diagnosticados y muertos por Covid-19 relativamente favorable con respecto a la mayor parte de los países de la región, la economía ingresó en una marcada recesión que manifestó una caída del PIB en 2020, un hecho que no se registraba desde comienzos del siglo.

A modo de visualizar el efecto del Covid-19 en Uruguay, se presenta el siguiente gráfico, donde se puede observar la evolución de los nuevos contagios por día y fallecidos a causa de la pandemia en Uruguay.

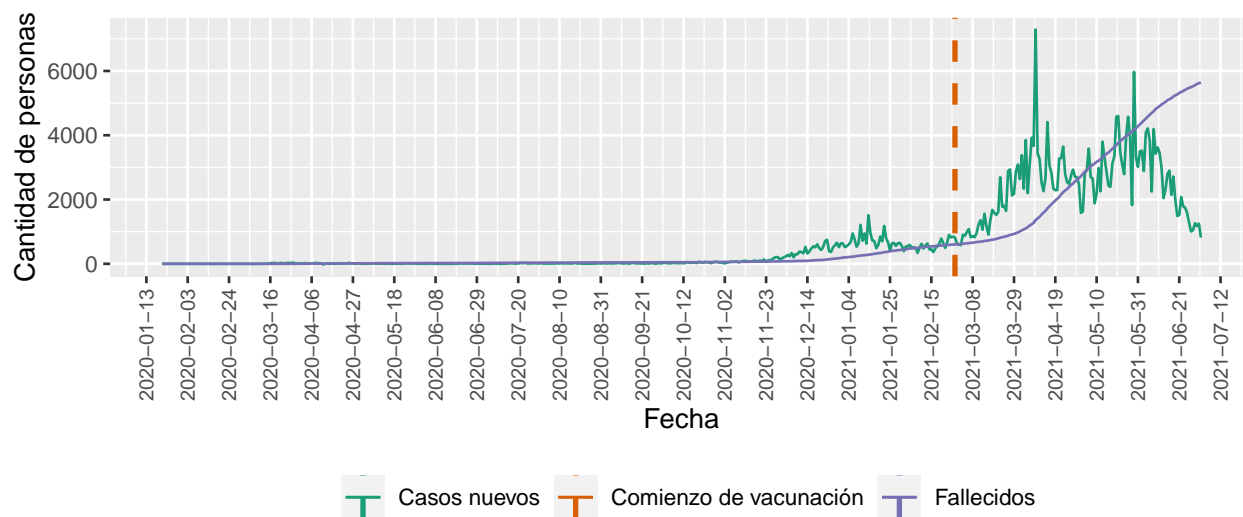


Figura 4: Evolución de los nuevos contagios y fallecidos por Covid-19 en Uruguay. Se puede notar que el efecto de la vacunación comienza a manifestarse positivamente en la cantidad de nuevos contagios luego de los dos meses que comenzó el plan de vacunación.

Podemos visualizar como hasta finales del año 2020, Uruguay se mantuvo estable en cuanto a la cantidad de personas fallecidas y casos nuevos por día, sin embargo, a partir de Noviembre la ola de contagios comenzó a

tomar valores importantes, con un promedio de 1516 casos nuevos por día desde ese entonces hasta la fecha. A su vez, el pico máximo de casos se da presentando 7289 casos nuevos el día 9 de Abril de 2021.

Análisis vacunatorio en Uruguay

La vacunación en Uruguay comenzó el 27 de Febrero de 2021. Este proceso fue pensado en forma progresiva, escalonada y en el menor tiempo posible, haciendo énfasis en las personas con riesgo de enfermar gravemente, riesgo de exposición y vulnerabilidad social.

A continuación se presenta un gráfico que permite visualizar como ha sido la evolución hasta el momento, del porcentaje la población con una y ambas dosis.

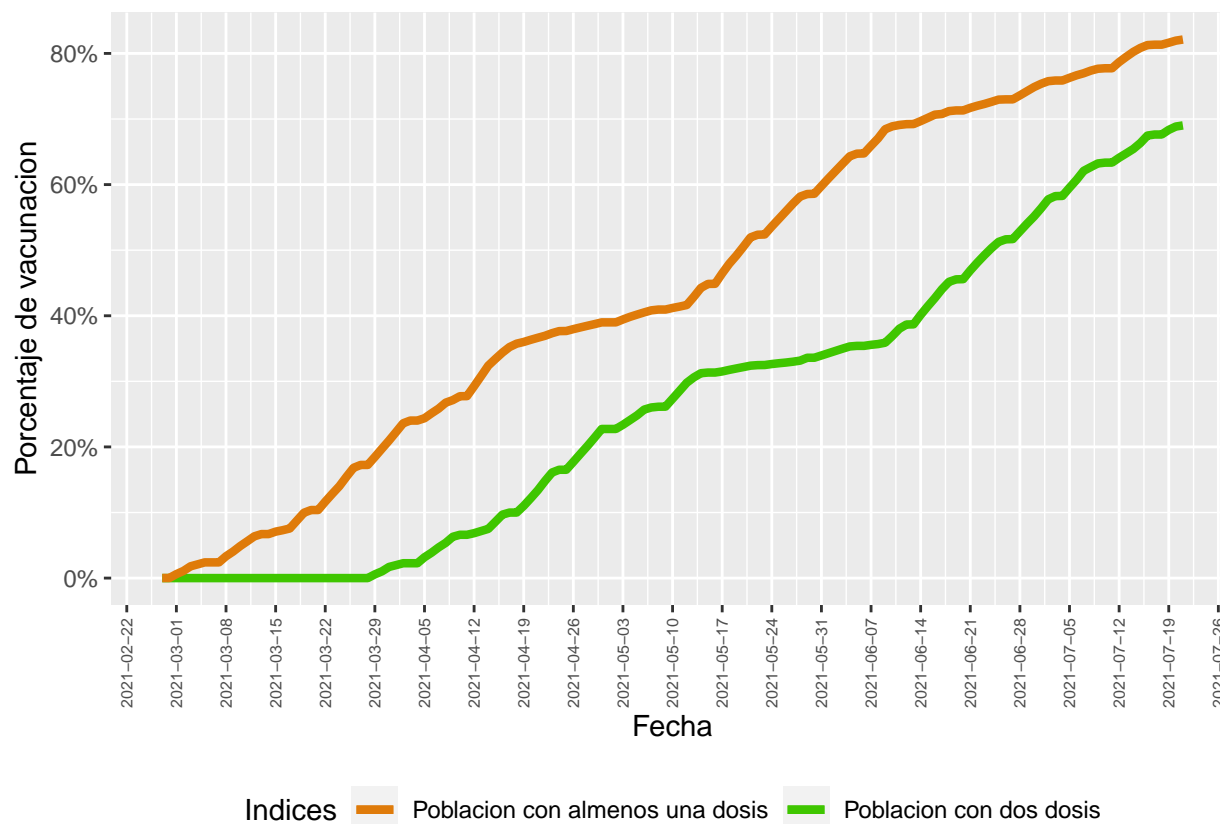


Figura 5: Evolucion del proceso vacunatorio en Uruguay. Dado el proceso de vacunación, se espera que el 100 % de la población esté vacunada con ambas dosis antes del fin del 2021.

Viendo el desarrollo de la vacunacion en Uruguay, podemos sacar el indice vacunatorio de la region total. Para ello aparte de los datos de vacunación, tomamos la cantidad de población en Uruguay según el INE y realizamos el cálculo del índice.

Podemos ver que aproximadamente el 81 % de la población hasta el momento ha recibido al menos una de las dos dosis necesarias para ello, en cambio, la cantidad de personas con ambas dosis (lo cuál es considerado como la vacunacion total, hasta el momento ya que es posible una tercera dosis) es del 68 % hasta la fecha, resultando un 13 % con una dosis faltante y 19 % sin haber recibido ninguna dosis aún.

Considerando la pandemia como un tema tan importante y relevante en nuestro bienestar, podemos ver que en Uruguay llevo un total de 3 meses llegar a vacunar con ambas dosis al 50 % del pais, teniendo en cuenta todos los problemas con transporte, compra/venta de las dosis, relaciones exteriores del país, entre otros, podemos concluir que hasta el momento el ritmo de vacunación ha sido eficaz.

¿Como ha sido efecto de la vacunacion?

Los objetivos de la vacunación radican en reducir la morbilidad, mortalidad y letalidad asociada al Covid-19, la protección de la integridad de los sistemas de salud y de infraestructura de los servicios esenciales.

Esta investigación puede profundizarse en mayor grado mediante la Shiny, aun así, a partir del siguiente gráfico podemos observar como la vacunación ayuda a reducir la mortalidad del COVID-19 luego de dos meses desde el comienzo del plan de vacunación, que es tiempo aproximado que se tarda una persona en recibir ambas dosis.

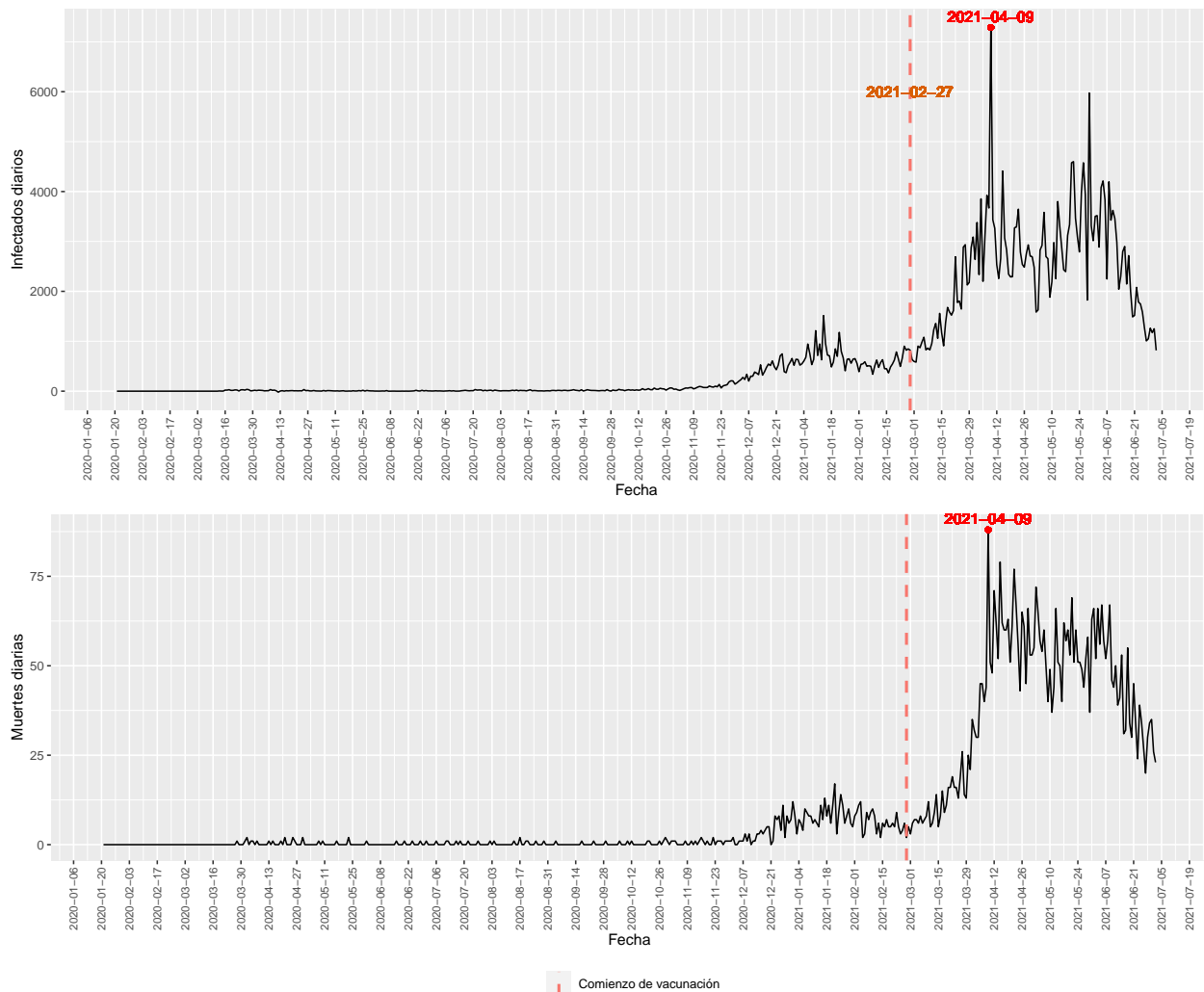


Figura 6: Efecto de la vacunación en los infectados diarios y personas fallecidas por día. Se observa un efecto positivo en la cantidad de fallecimientos por día a causa del Covid-19 a partir de los dos meses de inicio de la vacunación.

Una observación que podemos notar es que el pico de muertes e infecciones ocurrió en el mismo día, un mes y medio aproximadamente después que comenzó la vacunación. Sin embargo, se puede apreciar como la vacuna tiene un efecto positivo en la mortalidad del virus COVID-19, donde a partir de ese pico se observa una tendencia marcada hacia la disminución de muertes diarias.

Por otra parte, el efecto de la vacunación en la cantidad de casos nuevos por día, muestra un comportamiento mas inestable, aunque a partir de Junio se observa también una tendencia a la baja de infectados nuevos por

día.

Resulta de interés visualizar la evolución de la tasa de letalidad en nuestro país y observar el impacto que ha sufrido a partir de la vacunación.

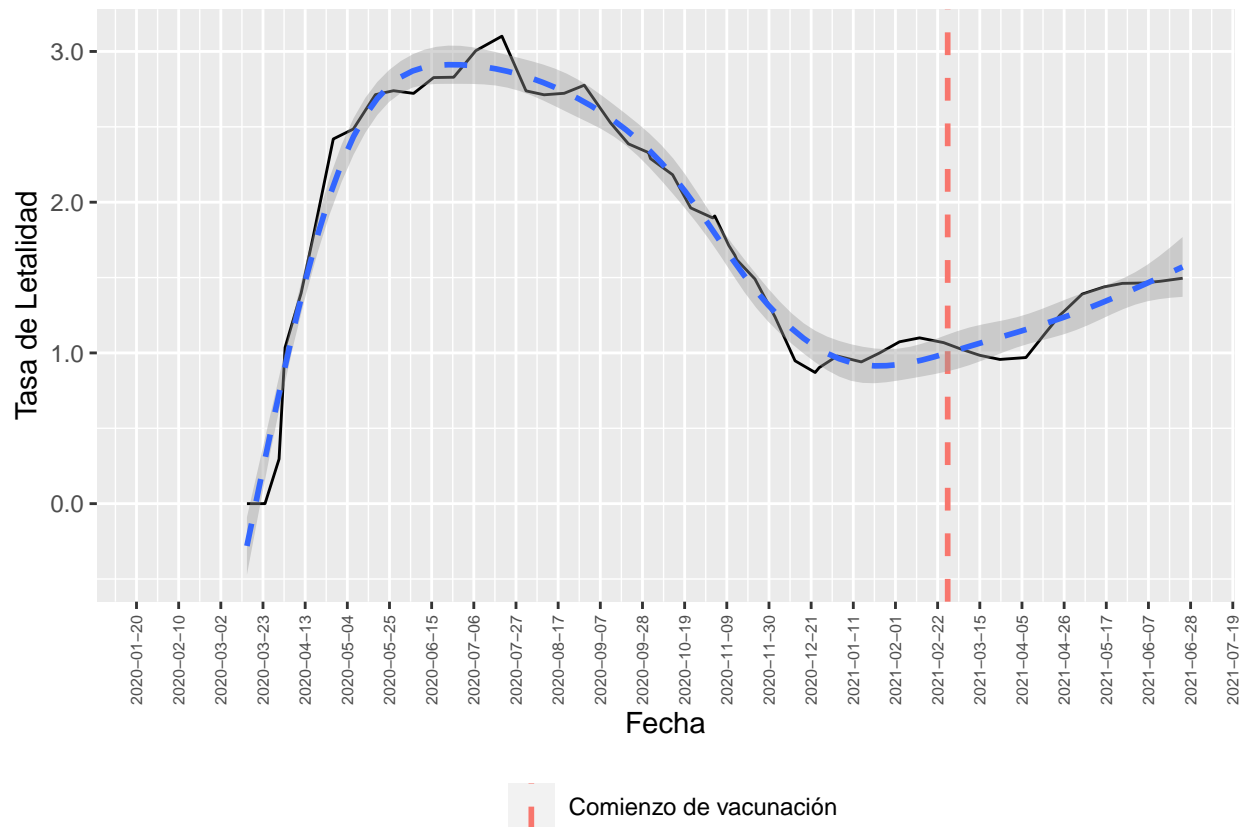


Figura 7: Evolución de la Tasa de Letalidad del Covid-19 en Uruguay con modelado generalizado aditivo (GAM). Se puede apreciar que el impacto de la vacunación no es tan notoria en la letalidad del virus.

A partir del gráfico, podemos observar que la tasa de letalidad no muestra una tendencia a disminuir como consecuencia de la vacunación, por lo contrario, se mantiene creciente, aunque pasados los dos meses del inicio de vacunación, pareciera estabilizarse entorno al 1,4 % y 1,5 %.

Esto lo podemos comprobar analizando la correlación entre el *índice de personas totalmente vacunadas* y la *tasa de letalidad*, la cual nos da un valor de 0.9780337, lo que manifiesta una relación positiva casi perfecta. Cabe destacar, que el pico de la *tasa de letalidad* ocurrió el 18 de Julio de 2020, con un valor de 3.160920. Para el momento en que comenzó la vacunación, que fue el 27 de Febrero de 2021, esta tasa era del 1.0512186.

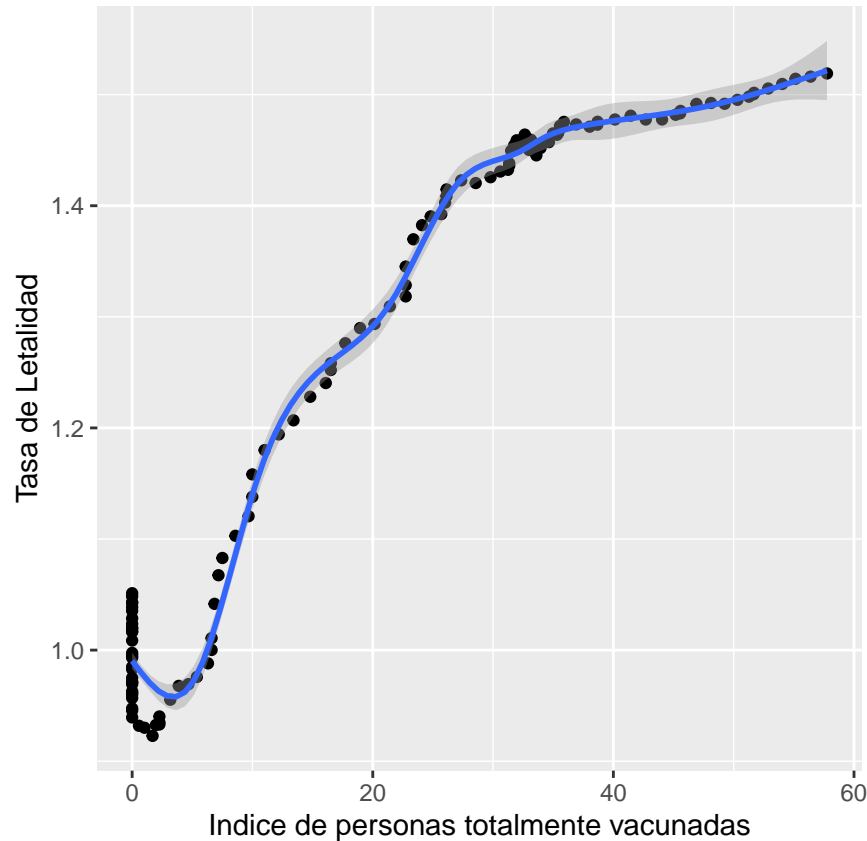


Figura 8: Diagrama de dispersión entre la Tasa de Letalidad y el Indice de personas totalmente vacunadas en Uruguay con modelado generalizado aditivo (GAM).

Aplicación Shiny

Nuestra [aplicación Shiny](#), está realizada de forma que sea interactiva y atractiva a la vista del usuario, aparte de ser eficiente en términos de recursos de la máquina, permitiendo interpretar fácilmente al análisis realizado sobre el virus COVID-19.

La aplicación utiliza:

- ggplot y plotly para la mayor parte de gráficos
- ggiraph para el mapamundi interactivo
- dygraph y xts en líneas temporales
- tidyverse para el manejo de datos de las tablas
- shinydashboard para la interfaz amigable y moderna
- programación reactiva

¿Cómo funciona la aplicación?

La aplicación funciona combinando los elementos mencionados anteriormente y para lograr que la misma sea eficiente en términos de recursos, utilizamos programación reactiva, generando outputs que dependen de los inputs.

Además de esto, los diagramas y gráficos que se presentan son dinámicos, permitiéndole al usuario interactuar e interpretar los resultados rápidamente, observando por su propia cuenta cómo ha sido la evolución del virus.

ShinyDashboard

ShinyDashboard es una extensión de Shiny que ayuda a crear “Dashboards”, facilitando la visualización y creando una interfaz atractiva de cara al usuario.

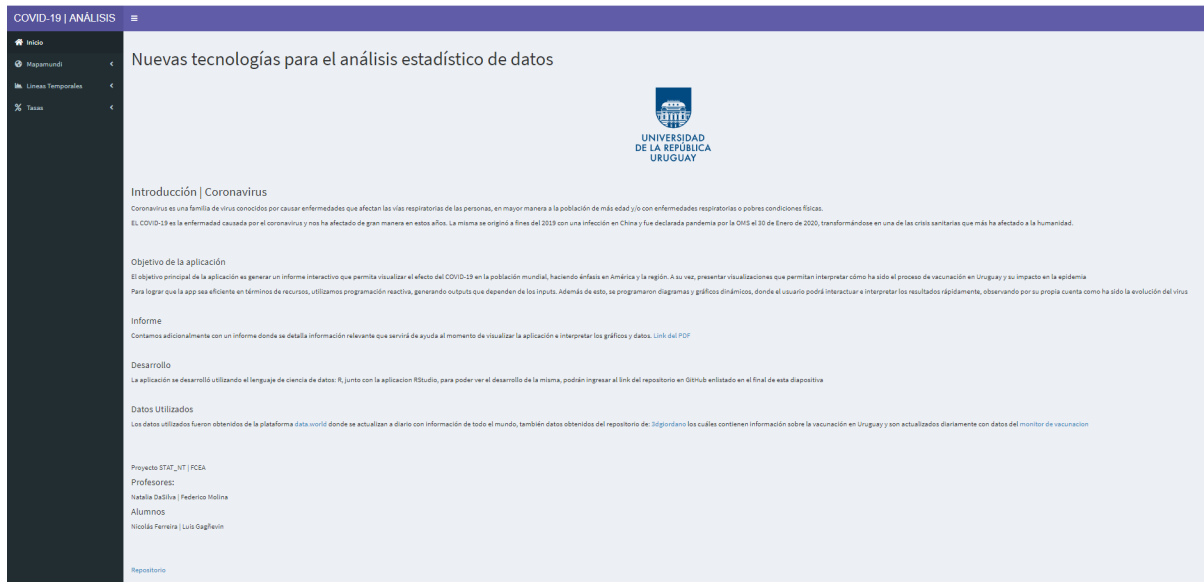


Figura 9: Visualización general de la interfaz ShinyDashboard

Con esto, tenemos una barra lateral (Dashboard) donde podemos subdividir la Shiny en secciones, liberando la concentración de datos seleccionando la información que se quiera consultar. A su vez, este menú se puede ocultar, generando más espacio para las visualizaciones e información que se presenta.

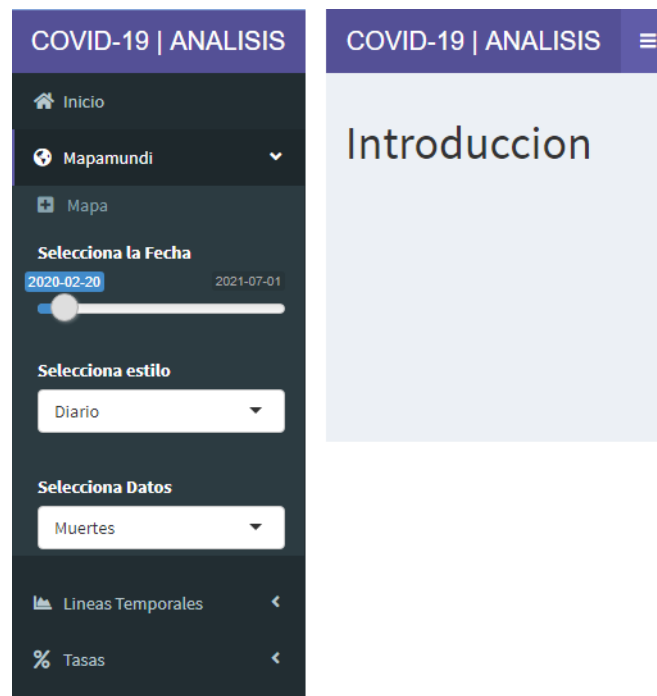


Figura 10: Uso de la Dashboard

Ggiraph

GGiraph es una extensión de *GGplot2*, que permite generar gráficos interactivos, en esta ocasión, lo utilizamos para generar un mapamundi interactivo. En dicho mapa, podemos visualizar la cantidad de Muertos e Infectados de forma diaria o acumulativa y hasta que día del año deseamos verlo.

Todo eso es posible gracias a la utilización de Shiny y su Dashboard que facilita la visualización del Mapa.

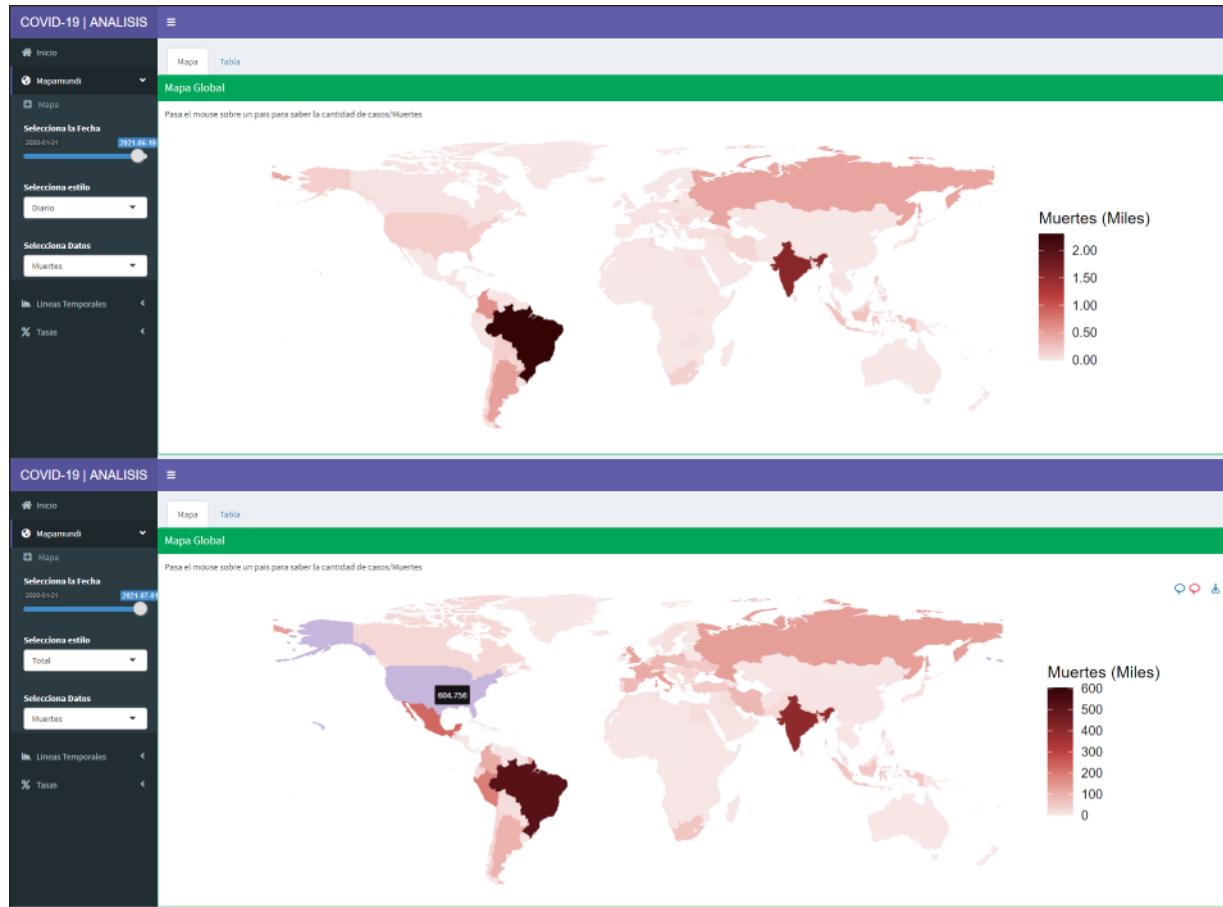


Figura 11: Mapa interactivo

DyGraph, plotly y xts

DyGraph permite realizar gráficos dinámicos para series de tiempo, en formato *xts*, en los cuáles podemos movernos sobre la línea temporal, elegir su rango, realizar acercamientos y resaltados de puntos entre otras funcionalidades.

A su vez, *Plotly* también nos permite generar visualizaciones dinámicas pero para otro tipo de gráficos.

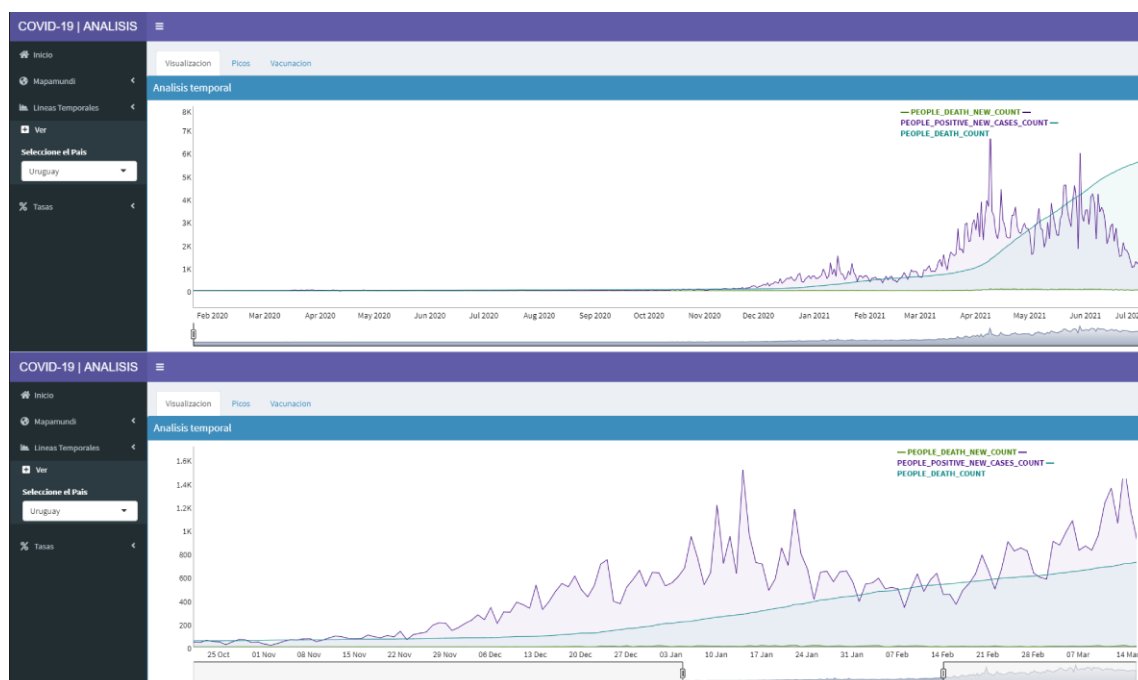


Figura 12: Interacción de Dygraph

Conclusiones

- La propagación del virus del Covid-19 ha impactado a nivel mundial, siendo América el continente más afectado hasta el momento, teniendo en cuenta la proporción de personas fallecidas a causa de la pandemia con el total de su población. La evolución del Covid 19 en la región tuvo a Brasil y Chile como los primeros países que registraron casos positivos el día 29 de Febrero. Actualmente, analizando la Tasa de Infección, se aprecia una tendencia de aumento en la gran mayoría de los países de la región a excepción de Ecuador, donde esta no parece tan pronunciada, y es Uruguay quién actualmente se encuentra como el país con mayor Tasa de Infección.
- En cuanto a la Tasa de Letalidad de la epidemia, a excepción de Perú y Ecuador que presentaron una tasa promedio del 10.6 % y 6.17 % respectivamente, el comportamiento de ésta en los restantes países se entornó entre el 1 % y el 4 %, siendo los primeros días de contagio los que presentaron mayor variación de la misma entre los países.
- Respecto a la vacunación en Uruguay, se aprecia una leve tendencia a la disminución de nuevos contagios y más notoria en los fallecidos por día luego de los 2 meses que comenzó el plan de vacunación. Sin embargo, la tasa de letalidad se mantuvo creciente hasta los 2 meses luego del comienzo de la vacunación y ahora pareciera estabilizarse entorno al 1,4 % y 1,5 %.

Referencias

- Hadley Wickham & Garrett Grolemund, 2017, [R for Data Science](#).
- Hadley Wickham, 2020, [Mastering Shiny](#).
- Natalia da Silva, 2021, Notas del curso Nuevas tecnologías para el análisis estadístico de datos.