

DASHBOARD PARA ANALIZAR EL ESTADO DE VACUNACIÓN DEL COVID-19 EN
COLOMBIA.

Nicolas Sabogal Torres.



Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
de Sistemas
Bogotá, D.C.
2021

DASHBOARD PARA ANALIZAR EL ESTADO DE VACUNACIÓN DEL COVID-19 EN
COLOMBIA.

Autor

Nicolas Sabogal Torres.

Director

Sebastián Zapata Ramírez, PhD

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
de Sistemas
Bogotá D.C.
2021

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	4
2. ABSTRACT	4
3. INTRODUCCIÓN	5
4. OBJETIVOS	6
5. METODOLOGÍA	6
Imagen 1. Modelo de análisis de problemas y toma de decisiones	7
Imagen 2. Modelo básico de contagio de una enfermedad	8
Imagen 3. Diagrama UML	13
Imagen 4. Página Web funcional con la investigación	14
Imagen 5. Página Web funcional	14
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Imagen 6 Acumulado de vacunados en el tiempo	16
Imagen 7 Velocidad de vacunación	17
Imagen 8 Distribución de vacunas según día de la semana	17
7. CONCLUSIONES	17
Imagen 9 Comparación de países latinoamericanos	18
8. RECOMENDACIONES	19
9. AGRADECIMIENTOS	20
10.DEDICATORIA	20

1. RESUMEN

Desde el momento en que se diagnosticó el primer caso de COVID 19 en Colombia nuestra cotidianidad cambió radicalmente, se adoptaron protocolos de Bioseguridad y distanciamiento social en pro de mitigar los efectos de esta enfermedad, aunque es incuestionable la reducción de la tasa de contagio diario que era del 47% antes de cuarentena al 13% 15 días después, evitando así más de 20000 posibles casos de contagiados, no obstante la realidad va más allá de esto, dado que muchos establecimientos comerciales se vieron gravemente afectados por estas medidas llegando hasta el punto de tener que cerrar por no tener el suficiente movimiento de caja y no solo es la economía, paradójicamente la salud de los habitantes se ha visto perjudicada debido a la cuarentena-distanciamiento social llegando a presentar problemas psicológicos derivados de esta situación, por cierto la violencia familiar también es un tema delicado, si bien hay hogares con una convivencia sana hay otros que no, al compartir más tiempo en familia los problemas van surgiendo debido a que no estamos acostumbrados a convivir

24/7, pero en los hogares conflictivos esto ha de ser una pesadilla viviente.

Atendiendo a esta problemática, se realizó un dashboard que busca hacer seguimiento e informar acerca del proceso de vacunación que está realizando el gobierno y que inició el pasado 17 de febrero.

2. ABSTRACT

From the moment the first case of COVID 19 was diagnosed in Colombia, our daily life changed radically, Biosafety and social distancing protocols were adopted in order to mitigate the effects of this disease, although the reduction in the daily contagion rate is unquestionable, the rate was 47% before quarantine the rate was 47% before quarantine and became 13% 15 days later, In this way, more than 20,000 possible cases of infected were avoided, however the reality goes beyond this, since many commercial establishments were seriously affected by these measures reaching the point of having to close due to not having enough cash flow and not only is the economy, paradoxically the health of the inhabitants has been harmed due to the quarantine-social distancing coming to present psychological problems derived from this situation, by the way violence Family is also a delicate issue, although there are households with excellent social dynamics there are others that do not, As we are more time with the family, problems arise because we are not used to living together 24 hours a day, 7 days a week, but in homes with problems this has to be a living nightmare.

In response to this problem, a dashboard was created that seeks to monitor and report on the vaccination process that the government is carrying out and that began on February 17.

3. INTRODUCCIÓN

La nueva realidad ha traído consecuencias sociales, económicas y políticas derivadas de la pandemia, esto ha incurrido en la forma de comportarnos día a día, cambiando nuestros hábitos y restringiendo nuestras rutinas. Por si fuera poco, la actual emergencia ha desencadenado una serie de afectaciones a la población mundial que va desde un gran retroceso económico, caídas en las bolsas de valores [1], pérdida de trabajos por el cierre de muchas empresas que no pudieron mantenerse a flote en el desarrollo de este suceso [2], la salud mental también se ha visto afectada desde que inició la cuarentena, los casos de ansiedad, depresión, impotencia y soledad han aumentado [3], la violencia familiar es un punto fuerte aquí, dado que se ha incrementado debido a que los hogares comparten más tiempo lo cual presenta un escenario ideal donde la violencia es la protagonista; esto nos da a entender así que el problema del COVID no solo son las muertes y contagiados, son todas las consecuencias que ha dejado a su paso y las secuelas que nos esperan.

El panorama de Colombia no es ajeno a esta realidad, aunque es cierto que la economía ha sido “estable” y que durante el 2019 creció un 0.5% comparado con el año anterior el cual fue 2.8% [4], pero el 2020 cerró con una contracción del PIB del 6.8% [5], en el marco social cuenta que en su momento más crítico 5.4 millones de colombianos perdieron su empleo (Abril 2020) pero para diciembre la cifra se había reducido a 1.5 millones la cual está muy cercana a las cifras antes de cuarentena, los sectores más afectados fueron alojamiento y servicios de comida [6]. El ministerio de salud ha promovido una línea anti-suicidios además de desplegar una nueva línea enfocada a la salud mental la cual desde el 13 de abril del 2020 ha realizado más de 14000 atenciones.

La secretaria de la mujer afirma que en los dos primeros meses de confinamiento (abril-mayo 2020) hubo un incremento del 187% del uso de la línea púrpura con respecto a los dos primeros meses del año, dada las circunstancias se puede decir que las víctimas estuvieron con sus agresores en cuarentena, a la par también se divulgó el hecho de que en periodo restante del año 2020, 3 mujeres reportaron haber sido víctimas de violencia familiar cada 7 horas y por si fuera poco una mujer cada 4 días era asesinada. [7]

Claramente el hecho de evitar el colapso de UCIs ha dejado graves consecuencias en la población que cada día ve cómo la situación va empeorando, todos se preguntan, ¿Cuándo se acabará todo esto?, aún es imposible dar una fecha exacta, pero se pueden dar estimaciones.

A la fecha muchos colombianos esperan con ansias el momento en que se levanten las restricciones y retomar su estilo de vida anterior, aun así, este deseo se ve opacado por cómo avanzan la vacunación en el país, en parte por la desinformación, superstición u otros factores, hacen ver de esto un panorama desalentador. A puertas de un futuro incierto nos queda confiar en los datos para prepararnos de la mejor manera posible, aquí es donde aparece el término Data science, el cual básicamente es entender de donde provienen los datos, que representan y por supuesto cómo los podemos usar para generar nuevas estrategias que se ajusten a la realidad, como lo ha demostrado la

universidad Johns Hopkins University posicionándose como la principal fuente de información acerca de la pandemia [8] con un excelente Dashboard que permite visualizar en tiempo real los datos de 192 regiones del mundo.

El fin de este proyecto es dar una manera fácil de acceder a la información además de teorizar proyecciones a futuro de cómo evolucionará la inmunización en Colombia.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Desarrollar un dashboard o tablero de control, para analizar el escenario de avance de vacunación del COVID-19 en Colombia,

4.2. Objetivos Específicos

- Recolectar información y estadísticas acerca de la vacunación en Colombia.
- Recolectar información y estadísticas acerca del número de contagiados, en las principales ciudades de Colombia.
- Visualizar a través de un tablero las estadísticas obtenidas en el desarrollo.

5. METODOLOGÍA

5.1 Modelo de análisis de problemas y toma de decisiones.

Para la planeación, ejecución y control de proyecto se acude al modelo de análisis de problemas y toma de decisiones (Ver imagen 1), esto con el fin de entender las diferentes problemáticas que pueden surgir en el desarrollo del proyecto como la evaluación de los datos pertinentes al estudio y los cambios que pueden surgir; esta metodología nos invita a hacer un análisis profundo del problema para elaborar alternativas con su respectiva evaluación para seleccionar la más adecuada o viable, con esto se adopta un plan de acción para la ejecución de las soluciones. Lo anterior es un modelo que puede realizarse de forma interactiva y que puede ajustarse a la metodología de desarrollo SCRUM de la cual se hablará más adelante.



Imagen 1. Modelo de análisis de problemas y toma de decisiones.[9]

5.1.1. Identificación del problema:

Encontrar información acerca de la vacunación en Colombia es relativamente fácil puesto que el ministerio de salud puso a disposición un plan de vacunación de dos fases.

En la primera fase se divide a la población en 5 grupos según prioridad [10].

1. Etapa 1: Busca la inmunización de los trabajadores de la salud y apoyo de atención a áreas COVID-19, y personas de 80 y más años; en este segmento se encuentran 1525911 personas. La fase comenzó el 17 de febrero del 2021.
2. Etapa 2: Busca la inmunización de los demás trabajadores de la salud, personal de apoyo que no trabajen en áreas COVID-19 y personas entre 60 y 79 años; en este segmento se encuentran 6 '669.863 personas. La fase comenzó el 8 de marzo del 2021.
3. Etapa 3: Busca la inmunización de los docentes, directivos y personal educativo, Fuerzas Militares y Policía, Guardia Indígena y Cimarrona, y personas entre 16 y 59 años con comorbilidades o enfermedades hipertensivas: Diabetes, Insuficiencia renal, VIH, Cáncer, Tuberculosis, EPOC, ASMA, Obesidad, en lista de espera de trasplante de órganos vitales o Post Trasplante de órganos vitales; en este segmento se encuentran 4728724 personas. La fase comenzó el 11 de mayo de 2021

4. Etapa 4: Busca la inmunización de las personas privadas de libertad, cuidadores institucionales, población en riesgo de brotes, en ocupaciones de alto riesgo, bomberos, socorristas, pilotos y auxiliares; en este segmento se encuentran 184188 personas.
5. Etapa 5: Busca la inmunización de la población entre 16 y 59 años libres de comorbilidades; en este segmento se encuentran 22 '625.963 personas.

En la primera fase se busca la inmunización de 35 '734649, cifra que está relacionado con la cantidad de vacunas adquiridas por el estado la cual es de 37' 750.000 en un inicio.

De la segunda fase no se tiene conocimiento, esto puede ser que no se han adquirido más vacunas o están pendientes por finalizar la etapa 1.

A pesar de que hay un plan trazado por el ministerio de salud, no hay tanta claridad con los datos de la ejecución de este proyecto, si bien se publica diariamente una infografía con los datos de vacunación del día [11] y ponen a disposición un enlace para poder descargar todas las infografías, este enlace redirige a una carpeta que estuvo vacía hasta el 9 de abril del 2021 y que ahora contiene piezas publicitarias acerca del COVID-19, no están las infografías [12].

Por su parte la página del instituto nacional de salud (**INS**), solamente provee información de contagios, recuperados y muertos [13] algo similar que presenta la página datos abiertos del gobierno donde no hay información referente a la vacunación del COVID-19[14], en definitiva, no hay expuesto un centro de datos para obtener y visualizar esta información.

5.1.2. Análisis del problema:

La inmunidad de rebaño o inmunidad colectiva tiene una variedad de significados, hay quienes lo utilizan para describir la proporción de inmunes dentro de una población, por otra parte, el término suele usarse como un umbral donde es tal la cantidad de sujetos inmunes que debería conducir a la disminución de la incidencia de infección [15] aquí es donde Smith [16] y Dietz [17] popularizaron un teorema donde se afirma que si se administra una vacuna exitosa en individuos al azar de una población y estos tienen contacto con sujetos infectados , habrá una disminución en la incidencia de la infección (ver imagen 2).

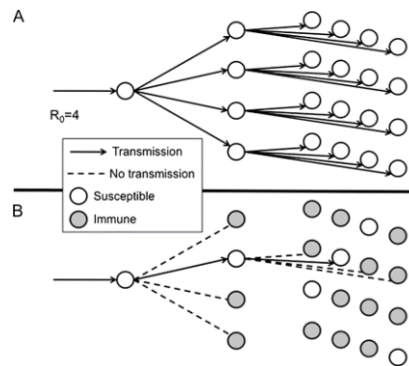


Imagen 2. Una población con una reproducción básica de infección de 4 con y sin vacuna [18]

Según el ministro de salud Fernando Ruiz Gomez: "para poder pasar la página del covid se necesita tener inmunidad de rebaño, eso significa tener 70% de la población vacunada". [19], eso quiere decir que se necesita vacunar a un total de 35'261.800 habitantes cifra que concuerda con la primera fase de vacunación y las vacunas adquiridas; esto nos da entender que la primera fase busca la inmunidad de rebaño, aun así, no se ha tenido en cuenta que la aplicación de las dosis es opcional, queda disposición de la persona tomarla o no y es precisamente aquí donde encontramos que no toda la población desea vacunarse, en parte por la desinformación o el miedo. En las encuestas realizadas en diciembre del 2020 y enero del 2021 se pudo evidenciar una tendencia prácticamente del 40% de los encuestados no desean usarla [20].

El panorama es complicado, dado que por el momento y según los datos no hay una estimación ni una fecha en la cual se hayan vacunado el 70% de los colombianos, esto implica cuarentenas cada vez que entremos de nuevo a un pico poniendo en jaque la economía, la salud mental y física de los habitantes.

5.1.3. Generar soluciones potenciales:

El avance de la vacunación del COVID-19 en Colombia la está realizando el ministerio de salud con un boletín diario que consta de una pieza gráfica[11], en la cual se evidencia la población que ha sido vacunada, más sin embargo a la hora de acceder a un histórico o un centro de datos no es posible, primero los boletines diarios no están siendo guardados por el ministerio en el enlace proporcionado por ellos[12] y segundo en la página de datos abiertos que se supone provee la información pública del gobierno no hay nada relacionado con el avance de la vacuna[14].

Sin una fecha dada por el gobierno para la finalización de la etapa uno que contiene las cinco fases y sin información de cómo será la segunda etapa, quedamos a la derivada, aun así, La Our World in Data se encarga de recopilar esta información diariamente de los boletines informativos para así generar un consolidado de datos que se está almacenando en un repositorio de GitHub [20]. Un tablero de análisis ayudaría a cubrir esta

problemática, que a futuro podría ser un control ciudadano o identificar días críticos donde menos se vacune para sí tomar medidas respectivas para que no vuelva a suceder.

5.1.4. Toma de decisiones y planes de acción

La toma de decisiones debe generarse bajo un alto grado de confianza, con condiciones de certeza que permitan tener claridad y objetividad para un plan de acción adecuado; la comunidad internacional, los medios de comunicación y los centros de investigación han encontrado un aliado en la ciencia de datos para entender los efectos que trajo consigo la pandemia.

Para la investigación es clave examinar y tener una contundencia comparativa de la cantidad de vacunados por días, esto con el fin de preparar mejor los sitios de vacunación en pro de atender más colombianos, además contar con un histórico de los datos para así poder ver la evolución de la inoculación. Lo anterior se plasmará en un tablero de análisis que permita ver de forma clara y concisa lo planteado.

5.1.5.1 Implementación de la solución

Se opta por la construcción de un prototipo funcional para la visualización de datos, este tablero tiene como fin mostrar el histórico de vacunados, la proporción de vacunados según el día de la semana, una comparativa de quienes han comenzado el plan de vacunación recibiendo por lo menos la primera dosis contra quienes ya están totalmente inmunizados, también contará con la incidencia de infección con y sin vacuna esto para ver que tan efectivo está siendo el plan, la proporción de vacunación crítica que indica el porcentaje en el que nos encontramos de vencer la pandemia y por último una estimación de días en la cual el 70% de la población esté inmunizada.

5.1.5.2 Recolección de los datos

El análisis de las vacunas es una tarea titánica que está realizando varios entes a nivel mundial, este es el caso de Our World in Data quien se apoya de los reportes diarios de 201 regiones del mundo en los que se encuentra Colombia, toda esta información la tienen disponible en un repositorio de GitHub bajo el nombre de usuario owid y el nombre del proyecto covid-19-data, esta información tiene un rezago de 2 días, la información es recolectada a diario de las principales fuentes de datos de cada país en el caso de Colombia por el INS.

Esta información se encuentra consignada en un archivo Json el cual es consumido por un cron job de php bajo un patrón de diseño llamado Proxy que lo primero que realiza es la limpieza de los datos dejando solamente la información de Colombia para luego almacenarla en una base de datos; este cron job se ejecuta todos los días a las 10:00 am Hora colombiana con el fin de automatizar este proceso.

El trabajo de recolección de datos para Our World in Data comenzó desde el pasado 30 de diciembre del año 2020, pero no fue hasta cuando Colombia empezó su proceso de vacunación en febrero 17 del presente año que se empezó a recolectar la información de nuestro país.

5.1.5.3 Clasificación de los datos.

- `location`: Nombre del país o región dentro de un país
- `iso_code`: Iso 3166-1 alpha-3 código de país de tres letras.
- `date`: fecha de la observación:
- `total_vaccinations`: número total de dosis administradas. Esto se cuenta como una dosis única y puede no ser igual al número total de personas vacunadas, dependiendo del régimen de dosis específico (por ejemplo, las personas reciben múltiples dosis). Si una persona recibe una dosis de la vacuna, esta métrica aumenta en 1. Si recibe una segunda dosis, aumenta nuevamente en 1.
- `total_vaccinations_per_hundred`: total de vacunas por cada 100 personas de la población total del país.
- `daily_vaccinations_raw`: cambio diario en el número total de dosis administradas. Solo se calcula por días consecutivos. Esta es una medida sin procesar proporcionada para la verificación de datos y la transparencia, pero recomendamos encarecidamente que cualquier análisis sobre las tasas diarias de vacunación se realice utilizando `daily_vaccinations` en su lugar.
- `daily_vaccinations`: nuevas dosis administradas por día (7 días suavizados). Para los países que no informan datos a diario, asumimos que las dosis cambiaron por igual a diario durante cualquier período en el que no se informaron datos.
- `daily_vaccinations_per_million`: vacunas diarias por cada 1.000.000 de habitantes de la población total del país.
- `people_vaccinated`: número total de personas que recibieron al menos una dosis de vacuna. Si una persona recibe la primera dosis de una vacuna de 2 dosis, esta métrica aumenta en 1. Si recibe la segunda dosis, la métrica permanece igual.
- `people_vaccinated_per_hundred`: personas que recibieron al menos una vacuna por cada 100 personas de la población total del país.
- `people_fully_vaccinated`: número total de personas que recibieron todas las dosis prescritas por el protocolo de vacunación. Si una persona recibe la primera dosis de una vacuna de 2 dosis, esta métrica permanece igual. Si reciben la segunda dosis, la métrica aumenta en 1.
- `people_fully_vaccinated_per_hundred`: personas totalmente vacunadas por cada 100 personas de la población total del país.

5.1.5.4 Modelo matemático epidemiológico

Para que una enfermedad infecciosa disminuya es que cada día genera en promedio menos casos de infección que el día anterior. El número de infecciones secundarias causadas por un individuo infectado se conoce como el número reproductivo eficaz y es representado con la letra R . La lógica dicta que las pandemias llegan a picos y después caen los casos de infección y esto es debido a que ya no quedan individuos a quienes

contagiar temporalmente; para que la trayectoria de casos se mantenga en bajada hasta que el agente sea erradicado es necesario que la tasa de reproducción efectiva se mantenga por debajo de 1.

R_0 simboliza el número de casos secundarios causados por un caso primario introducido en una población totalmente susceptible, en cambio R_{op} equivale al número de casos secundarios causados por un caso primario introducido en una población en la que la proporción p ha sido vacunada.

$$R_{op}=(1-p)R_0$$

La proporción de vacunación crítica que logrará la erradicación, p_c , es aquella para la cual el número reproductivo básico bajo vacunación es simplemente igual a 1. Esto produce:

$$P_c = 1 - \frac{1}{R_0}$$

Según el instituto nacional de salud (INS) determinó que el R_0 de Colombia es igual 1.75, es decir una persona infecta a 1.75 personas en promedio [22].

5.1.6. Evaluación de la solución

Los resultados obtenidos a lo largo de la investigación deberán tener conclusiones derivadas de un análisis automatizado, esto con el fin de que las diferentes entradas puedan ser actualizadas y revisadas periódicamente si así se requiere.

5.2. Métodos de investigación y desarrollo.

La forma en que se llevó a cabo este proyecto fue con una investigación aplicada a los datos recopilados por Our World in Data en el repositorio de GitHub [20], también se abarcó el proyecto a través de una investigación explicativa y cualitativa ante el escenario de vacunación nacional.

La metodología de desarrollo para el proyecto fue la metodología SCRUM, ya que está brinda confiabilidad, reducción de tiempo, reducción de riesgo, acompañado de una continua retroalimentación del desarrollo programático. Tener esta metodología combinando los diferentes tipos de investigación antes anotados, nos brindó el hecho de tener que examinar diariamente si los objetivos eran alcanzables y cuantificables en relación con el desarrollo del proyecto.

Para el prototipo en mención, se dividió el desarrollo en dos partes, esto con el fin de separar la lógica de las vistas y plantear a futuro la implementación de Endpoints que permitan consultar la información de la base de datos generada a la comunidad.

El Backend fue programado en php con el framework de laravel en su versión 8, esto es debido a que esta tecnología agiliza el desarrollo al no ser tan verbosos como otros lenguajes y proveer una arquitectura MVC; todos los días a las 10:00 am (GMT-5) se ejecuta un cron job cuya función es recopilar la información de Our World In Data mediante un patrón de diseño llamado Proxy; al obtener los datos el siguiente paso es la

limpieza de estos para obtener la información proveniente de Colombia, a continuación se cargan los registros en la base de datos la cual utiliza el motor de María DB, por último provee un Endpoint que consume el Frontend para visualizar la información, se documentó con un diagrama de UML (Ver imagen 3). El servicio está corriendo en una instancia ec2 de Amazon.

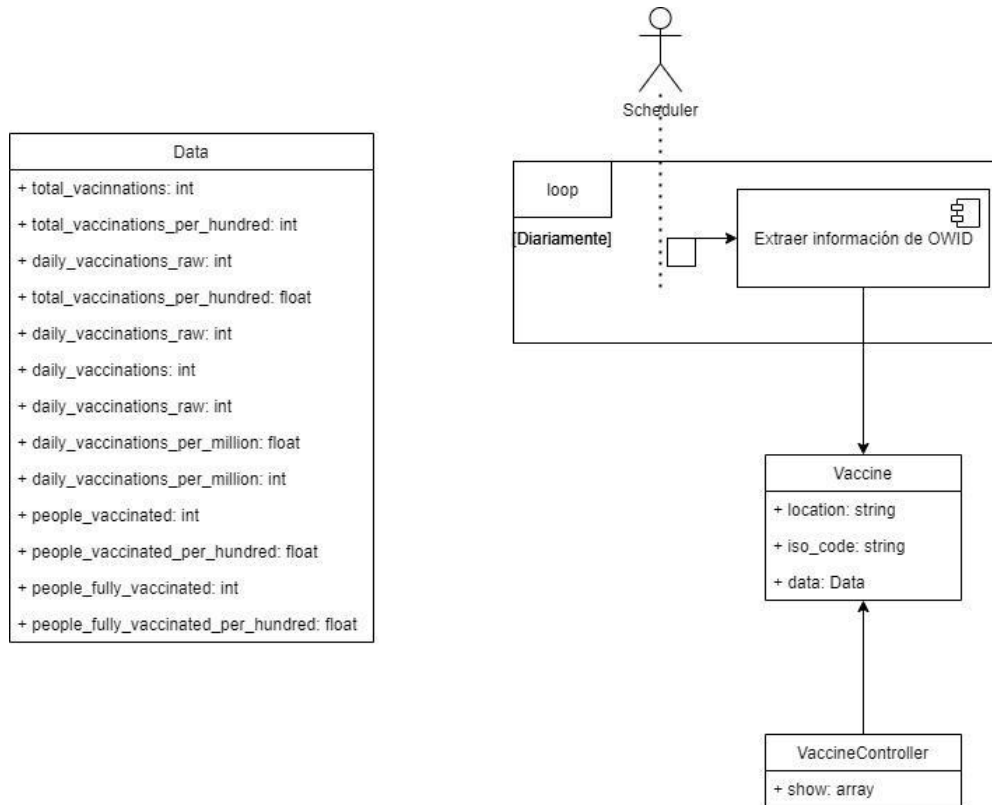


Imagen 3. Diagrama UML.

El Frontend utiliza la librería de React js construida por Facebook la cual se basa en componentes para la construcción de la interfaz; la decisión radica principalmente en lo flexible y ágil que es el desarrollo y no por esto se obtiene un producto poco escalable ya que al hacer uso de Typescript la implementación de las interfaces y pruebas unitarias nos permiten documentar el código para extender desarrollos futuros. Consumir la información proveniente de nuestro Backend se hace por medio de axios, esto nos facilita el desarrollo del cliente HTTP además de que procesar las respuestas es simple. La comunicación de la información entre componentes se hace por medio de la librería de Redux. Haciendo uso de la Integración continua se realizan pruebas unitarias con el fin de verificar el código para luego desplegarse automáticamente en el host de Vercel, todo esto es gracias al api proporcionado por dicho sitio.

El proyecto se encuentra en un repositorio de GitHub [25], se puede acceder al sitio web mediante la url: www.colombiasevacuna.online (Ver imagen 4, y 5).

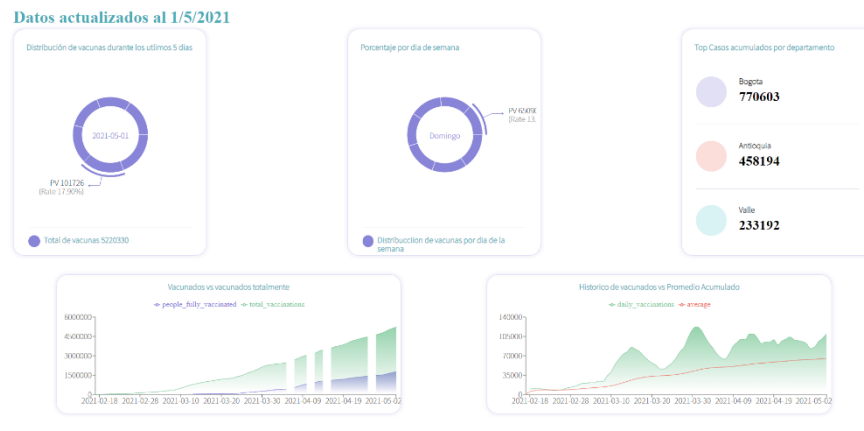


Imagen 4. Visualización del estado actual de la vacunación en Colombia.

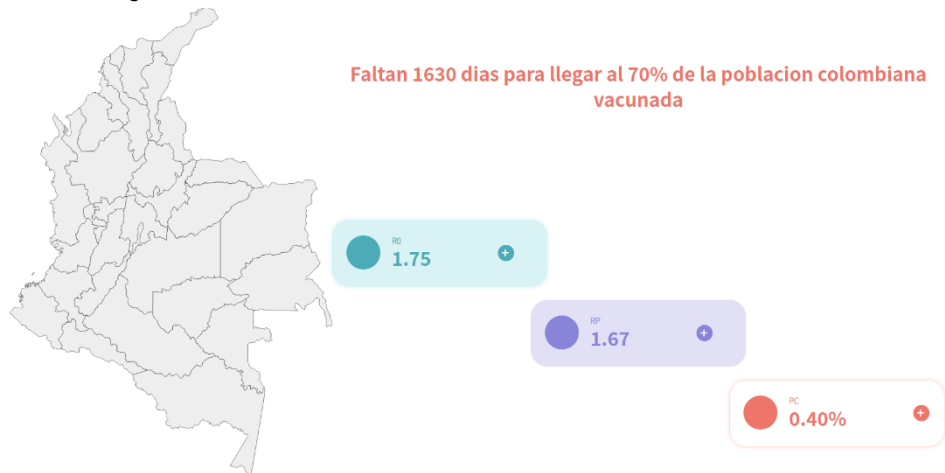


Imagen 5. visualización de las métricas de evolución de la vacunación.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación se llevó a cabo con cálculos propios a los datos brindados por Our World in Data a través de su repositorio en GitHub, de esta forma se empieza el análisis de la información para entender cómo avanza el proceso de vacunación en Colombia. En un principio se intentó recolectar los datos suministrada por el MINISTERIO DE SALUD, el cual publica diariamente una infografía con los datos del día correspondiente y dan un link para consultar la totalidad de las infografías, dicho link redirecciona a una carpeta de Google Drive que estuvo vacía hasta el día 9 de abril del 2020, a partir de ahí, se subieron piezas publicitarias para apoyar la vacunación, además la página de DATOS ABIERTOS COLOMBIA no tiene un consolidado de las inoculaciones, esto da entender que no se ha realizado un repositorio con la información y esto es desalentador dado que el gobierno no

ha adoptado el uso de la tecnología en pleno 2021 para mejorar los canales de comunicación.

También se encontraron irregularidades en la información publicada por las diferentes alcaldías con respecto a la suministrada por el ministerio de salud, esto puede ser debido a la falta de FE DE ERRATAS, como sucedió en un principio con el seguimiento de los infectados, ahora bien, la falta de una base de datos y estas irregularidades hacen que la gente tenga desconfianza ya que no sienten que haya un proceso transparente.

En un principio se buscó algún documento oficial por parte del gobierno con el cual ver su proyección acerca del desarrollo de la inmunización, dicho documento nunca se encontró dado que el proceso avanza conforme vayan terminando las etapas, por ende no hay alguna estimación; por otro lado, Peter Griggs (fundador de DeepAI) construyó el sitio web llamado Time to Herd [23], en el cual calcula que a Colombia le tomará 411 días para llegar a la inmunidad de rebaño, pero para nuestra sorpresa no había relación con los 1723 días que había calculado en un inicio, encontramos una diferencia de 1312 días, prácticamente tres años y medio, cabe a aclarar que Time to Herd también toma la información de Our World in Data para hacer los cálculos correspondientes.

Lo anterior es debido a la forma en que se calcula; dado que Time To Herd decidió utilizar el promedio acumulado de vacunas por día a diferencia de usar el promedio acumulado de los inmunizados totalmente esto genera la disconformidad entre los resultados.

$$\frac{70\% - \text{vacunado totalmente}}{\text{Promedio acumulado de vacunas}}$$

Ecuación utilizada por Time to Herd

La decisión de utilizar los inmunizados totalmente es debido a que son ellos quienes ya tiene anticuerpos que pueden cortar la cadena de contagio a diferencia de quienes apenas han iniciado el proceso de inoculación ya que no poseen los anticuerpos suficientes; como afirma Smith [15] y Dietz [16], básicamente el número reproductivo de la enfermedad (R_0) desciende conforme se inserten individuos totalmente inmunes a la azar en una población infectada, pero no es hasta que R_p (número reproductivo en una población que empieza a ser vacunada) sea menor a 1 cuando se puede hablar de que se está controlando la enfermedad; afortunadamente vemos como el número reproductivo ha disminuido pasando de los 1.75 contagios de media que publicó el INS a los 1.66 contagios de media que se calculó con la evolución de las inyecciones.

$$R_{0p} = (1 - 0.047799) * 1.75 = 1.66$$

0.0477 es la proporción de la población colombiana vacunada.

Aunque es cierto que la media de contagios ha disminuido no ha sido suficiente para amortiguar la ocupación de las ucis lo que nos ha llevado a constantes medidas como cuarentena 4x3 o toques de queda incrementado así los problemas ya existentes de salud mental, economía y violencia familiar, entonces, ¿no ha sido suficiente la velocidad con la que se está vacunando?, efectivamente, después de 82 días desde que inició la primera fase de inoculación podemos decir que la velocidad ha aumentado conforme pasa el tiempo, ya que en un principio fue lenta (ver imagen 6 y 7), esto puede ser debido a que

los adultos mayores tenían miedo o incertidumbre de si aceptar la inyección; para modelar la función de vacunados en el tiempo, lo más apropiado es un polinomio de grado por ende la velocidad aproximada sería una función lineal, que en pocas palabras nos dice que el ritmo de vacunación está aumentando conforme pasa el tiempo, esto en cierta medida es debido a los segmentos en que está dividida la primera fase, ya que el segundo grupo cuenta con mayor población que el primero.

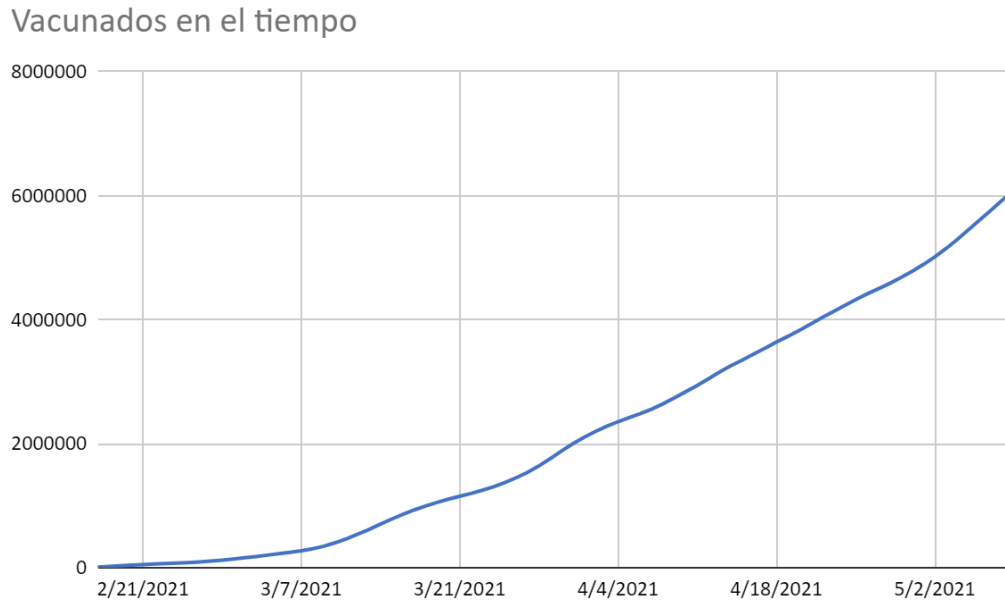


Imagen 6 Acumulado de vacunados en el tiempo.

Velocidad de vacunación

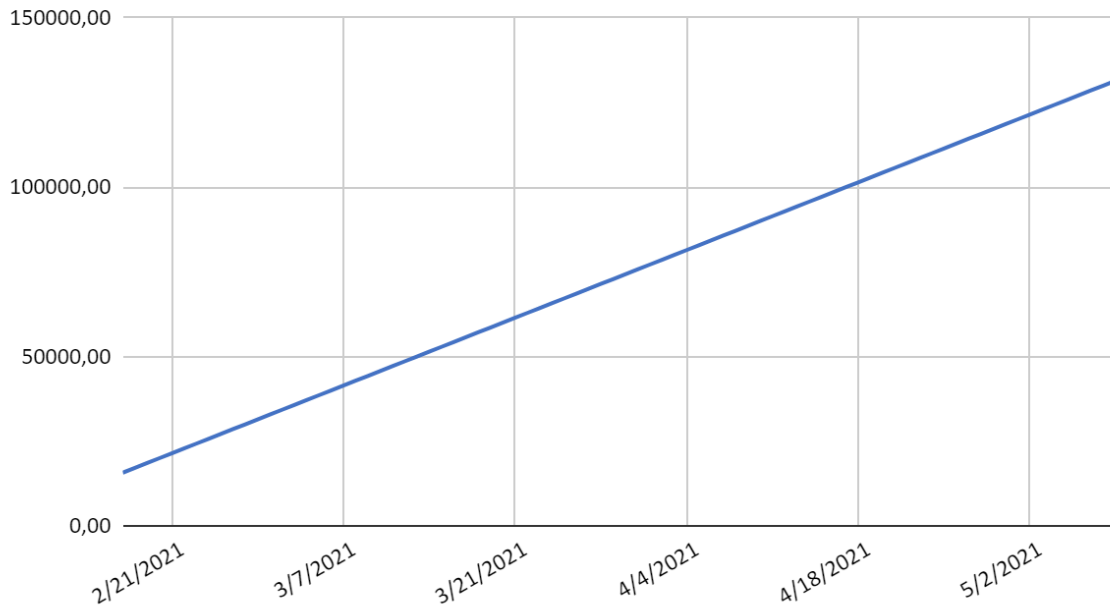


Imagen 7. Velocidad aproximada de vacunas donde 1 es igual 17 de febrero.

Si bien en un principio la vacuna era cuestionada por temores o desconocimiento, con el tiempo, más colombianos han iniciado su proceso de inmunización llegando a días de 160000 inyecciones aproximadamente, una muy buena cifra.

En cuanto a la proporción de vacunas por día de la semana, encontramos que las personas prefieren vacunarse los fines de semana (ver imagen 8), principalmente es por cuestiones laborales y es el sábado el día que las personas destinan para realizar sus tareas personales, en cambio los lunes y martes son las jornadas con menos inyecciones, se puede pensar que es debido a que se comienza la semana laboral y la gente prefiere postergar sus actividades personales, esto nos lleva a entender que días hay que destinar mayor cantidad de recursos para mejorar la logística e infraestructura y así alcanzar mayor cantidad de inoculaciones.

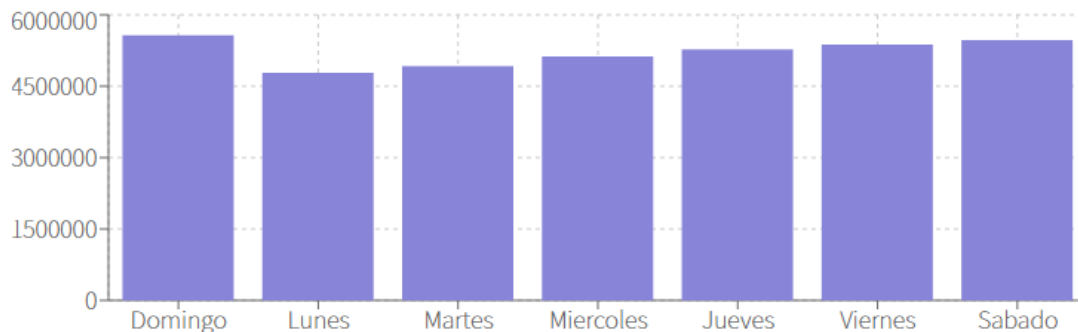


Imagen 8. Acumulado de vacunas por día de la semana.

7. CONCLUSIONES

La construcción del tablero de análisis permitió evidenciar las carencias tecnológicas por parte del estado y diferencias en los reportes publicados, aun así, se logró demostrar la situación de la vacunación, como esta ha ido avanzado y recopilar una base de datos que pronto estará libre para ser consultado y así apoyar las siguientes investigaciones.

A pesar de que Colombia cuenta con el ministerio de las Tics que promueve la revolución digital, aún el gobierno no se ha apropiado totalmente de la tecnología sobre todo en este tipo de situaciones, el hecho de no contar con una base de datos con la información de los vacunados pone entre dicho los esfuerzos por este ministerio además de las infografías que han sido publicadas, pero no almacenadas para una consulta histórica, hacen que la sociedad sea escéptica con el proceso de vacunación.

Al no contar con una base de datos oficial, las investigaciones que vienen desde la academia les queda confiar en la recopilación de datos por parte de terceros lo que les dificulta el avance, por otra parte, hace falta una FE DE ERRATAS que permita corregir la información, dado que muchas veces los reportes de las diferentes alcaldías no corresponden con los reportes del MINISTERIO DE SALUD, es similar a lo que sucedía con los reportes de infectados en los primeros meses.

El tablero de análisis permite a la sociedad consultar la información de forma fácil y rápida con la confiabilidad y prestigio que da la institución Our World in Data; con esto dicho nos damos cuenta de que el proceso de vacunación ha mejorado conforme pasa el tiempo, aun así, no es suficiente, dado que si nos comparamos con el resto de la región nos damos cuenta de que estamos por delante de Venezuela, Paraguay, Perú y Ecuador (Ver imagen 9), comparados con estos países también tenemos el número más alto de muertos registrados y de contagios, por ende esto significa que tenemos un número reproductivo mayor a estos países aumentando así la probabilidad de muerte, lo que nos debería llevar a mejorar nuestros esfuerzos de inmunización para evitar fallecimientos.

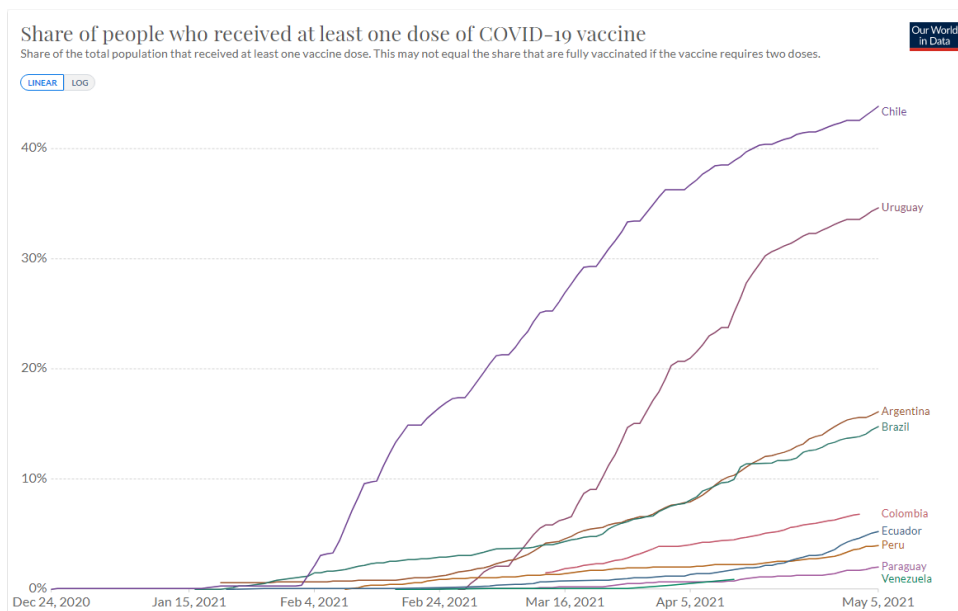


Imagen 9, Comparación de países latinoamericanos [24].

La inmunización de rebaño es un concepto que trata de describir el momento donde una población empieza a controlar la reproducción de la enfermedad, esta está asociada al 70% de la población vacunada debido a que es cuando se empieza a observar la disminución de casos a lo largo del tiempo no como en los constantes picos que nos encontramos que al momento de superarlo, el contagio disminuye por un tiempo; si bien es cierto que no es necesario vacunar al 70% de la población para controlar la reproducción del virus ya que hay otras medidas como la cuarentena que permiten disminuir este número, pero si se quiere ver a futuro no podemos estar en cuarentena constantemente esa es la razón de la inoculación. Colombia requiere más de 1000 días para llegar al umbral deseado si seguimos al ritmo actual, esta cantidad de tiempo puede ser adversa por temas sociales y económicos ya que la gente va perdiendo la paciencia y llegará un momento donde dejan a un lado las restricciones.

8. RECOMENDACIONES

Esta investigación puede expandir el horizonte para un modelo analítico que pueda analizar las regiones y departamentos de forma independiente para entender la situación de forma local y así se puedan tomar decisiones que agilicen la aplicación de las inyecciones teniendo en cuenta el contexto de la población específica, esto con el fin de llegar más rápido al umbral deseado.

En este momento se está configurando el servidor para poder generar un Endpoint seguro por el cual se pueda consultar los datos generados para esta investigación, esto es debido a que no se había planteado este objetivo en un inicio pensando que el Gobierno tendría esta información disponible al público, más sin embargo la realidad fue distinta y

se terminó creando una necesidad, esto puede apoyar las siguientes investigaciones. La información será publicada en el sitio web www.colombiasevacuna.online.

9. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor de investigación, Sebastián Zapata PhD en ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, quien hizo posible con su conocimiento que este trabajo saliera adelante y así alcanzar los resultados que buscaba.

También, quiero agradecer a mi alma mater, La Universidad Jorge Tadeo Lozano por brindarme todos los recursos y herramientas a través de sus profesores, los cuales fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda.

Por último, quiero agradecer a todos mis compañeros y a mi familia, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaen. En especial, quiero hacer mención de mi mama y abuela, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

Muchas gracias a todos.

10. DEDICATORIA.

Dedico con todo mi corazón mi proyecto de grado a mi abuelo, persona que siempre me apoyó y guió, a pesar de no estar conmigo ahora, sé que él estará contento por la culminación de mi pregrado.

Bibliografía

- [1] “Las Bolsas en tiempos de coronavirus” [ONLINE]. Available: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/09/08/opinion/1599566432_358250.html.
- [2] “OIT: 34 millones de empleos se perdieron por la crisis en América Latina y el Caribe” [ONLINE]. Available: https://www.ilo.org/americas/sala-de-prensa/WCMS_756717/lang--es/index.htm.
- [3] “Impacto de la COVID-19 sobre la salud mental de las personas” [ONLINE]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432020000300578.
- [4] “Tras cinco años, Colombia habría crecido más de 3%” [ONLINE]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/tras-cinco-anos-colombia-habria-crecido-mas-de-3-537920>.
- [5] “El PIB colombiano se contrajo 6,8% en 2020 y 3,6% en el cuarto trimestre según el Dane” [ONLINE]. Available: <https://www.larepublica.co/economia/siga-aqui-la-publicacion-de-los-resultados-del-dane-del-pib-de-colombia-en-2020-3125471>.
- [6] “Expertos analizan la tasa de desempleo de Colombia” [ONLINE]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/tasa-de-desempleo-para-colombia-2020-analistas-dane-547904>.
- [7] ¿Qué pasó con las mujeres en Bogotá durante el primer año de pandemia? [ONLINE]. Available: <https://www.sdmujer.gov.co/noticias/informe-OMEG-mujeres-en-bogota-en-los-primero-s-12-meses-de-pandemia>
- [8] Johns Hopkins University, «COVID-19 Data Repository by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University,» Johns Hopkins University, 01 05 2020. [En línea]. Available: <https://github.com/CSSEGISandData/COVID19#COVID-19-data-repository-by-the-center-for-systems-science-and-engineering-csse-at-johns-hopkins-university>.
- [9] “Modelo de análisis de problemas y toma de decisiones” [ONLINE]. Available: <https://sites.google.com/site/stephaniecastroliderazgo/unidad-4/modelo-de-analisis-de-problemas-y-toma-de-decisiones>
- [10] “#VACUNEMONOS” [ONLINE]. Available: www.minsalud.gov.co/salud/publica/Vacunacion/Paginas/MiVacuna.aspx
- [11] “Vacunación contra COVID-19” [ONLINE]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/Vacunacion/Paginas/Vacunacion-covid-19.aspx>
- [12] “Carpeta Google Drive con las infografías de los avances diarios de vacunación” [ONLINE]. Available: https://drive.google.com/drive/folders/1rbHt9ljxD0m9E_ybsisM9QLVt_RsQzqW.
- [13] “Covid-19 en Colombia” [ONLINE]. Available: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Coronavirus.aspx>
- [14] “Datos abiertos del Coronavirus COVID-19 en Colombia” [ONLINE]. Available: <https://herramientas.datos.gov.co/es/blog/datos-abiertos-del-coronavirus-covid-19-en-colombia>
- [15] ““Herd Immunity”: A Rough Guide” [ONLINE]. Available: <https://academic.oup.com/cid/article/52/7/911/299077>

- [16] “Prospects for the Control of Infectious Disease” [ONLINE] Available :”
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1811055/pdf/procrsmed00289-0024.pdf>
- [17] “https://www.stat.cmu.edu/~kass/covid/Dietz1975.pdf” [ONLINE] Available :”
- [18] Dietz K. Ludwig D, Cooke KL. Transmission and control of arbovirus diseases, Epidemiology, 1975 Philadelphia PASociety for Industrial and Applied Mathematics(pg. 104-21)
- [19] “Para pasar la pagina del covid se necesita inmunidad de rebaño” [ONLINE] Available:
<https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Para-pasar-la-pagina-del-covid-se-necesita-inmunidad-de-reba%C3%B1o.aspx>
- [20] “Vacuna coronavirus: ¿cuántos colombianos no se la pondrían según el Dane?”[ONLINE] Available:
https://colombia.as.com/colombia/2021/01/28/actualidad/1611861984_413983.html
- [21] “Data on COVID-19 (coronavirus) by Our World in Data” [ONLINE] Available:
<https://github.com/owid/covid-19-data/tree/master/public/data>.
- [22] “Número reproductivo efectivo Rt Nacional” [ONLINE] Available:
<https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/modelos-de-estimacion>.
- [23] “Time to Herd” [ONLINE] Available: <https://timetoherd.com>
- [24] Mathieu, E., Ritchie, H., Ortiz-Ospina, E. et al. A global database of COVID-19 vaccinations. Nat Hum Behav (2021)
- [25] “Repositorio GitHub con el código fuente” [ONLINE] Available;
<https://github.com/NicolasDevel/vaccine-dashboard>