



**UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE AGUASCALIENTES**

Proyecto final.

Rodríguez Sandoval Jaime Alfonso.

Ingeniería en Computación Inteligente.

Introducción.

El objetivo principal de este proyecto es hacer dos modelos teóricos basados en un autómata celular, que simule la propagación de una pandemia.

Lo que se hará será dividir la población en tres diferentes clases: Sano, enfermo y recuperándose y en cada iteración (t), el estado de cada célula corresponde a una de estas diferentes clases.

Como se mencionó anteriormente, se proponen dos modelos, en el segundo se toma en cuenta el factor de vacunación. Este modelo podría ser modificado para representar otro tipo de epidemias, pero en este caso, decidimos hacer una representación basada en los datos que se tienen sobre el Covid y la vacunación en México, esto para poder observar lo beneficioso que resulta que la población se encuentre vacunada.

Desarrollo.

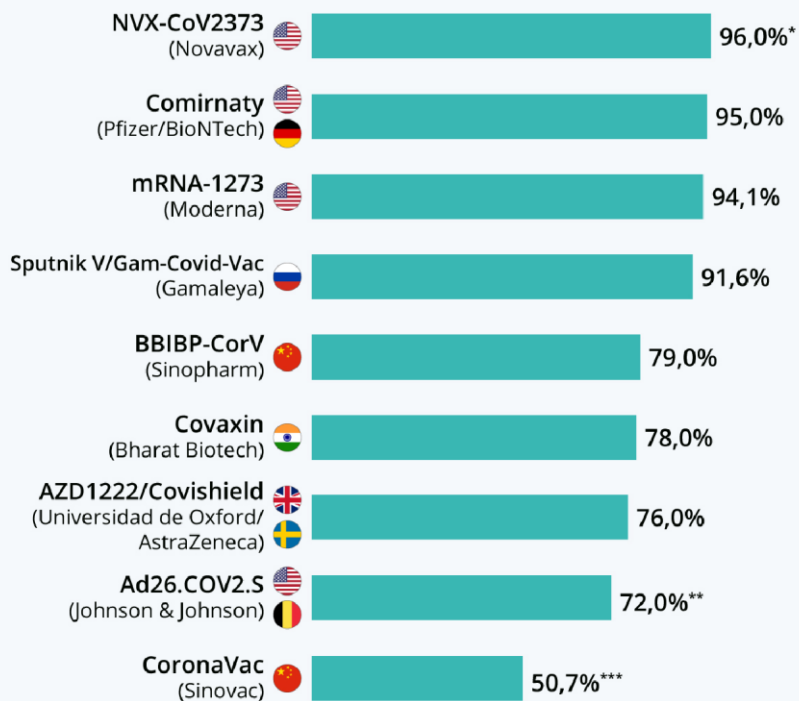
La población se reparte en un espacio de 100x100 que estará “envuelta” para que las células estén en contacto con sus vecinas inmediatas del otro lado, tanto vertical como horizontalmente.

Se cuenta con variables que describen la situación epidémica, estas son:

- 'initProb' qué es la probabilidad inicial de que en la población de individuos surjan individuos enfermos.
- 'infectionRate' siendo la probabilidad que tiene un individuo sano de enfermarse.
- 'regrowthRate' es la probabilidad que es la probabilidad que tiene un individuo que ya ha sido infectado y ahora se encuentra recuperándose, de recaer en la enfermedad.
- 'efectividad' se utiliza en la versión del modelo que contempla la vacunación de los individuos, entre más pequeño sea este valor, se supone una efectividad de la vacuna mayor. En este caso se utiliza un porcentaje de efectividad del 77% ($100-77= 0.23$) basado en las siguientes estadísticas:

La efectividad de las vacunas contra la COVID-19

Eficacia estimada en la prevención de la COVID-19 según datos de ensayos clínicos



Haciendo un promedio de las vacunas más comunes que fueron aplicadas en México:

Pfizer 95%

Moderna 94%

Sinopharm 79%

Covaxin 78%

AstraZeneca 76%

Johnson y Johnson 72%

Sinovac 50%

Fuente: New York Times

Quedando con un promedio de efectividad de 77.71% que para fines prácticos, será redondeada a 77%, por lo tanto el valor de la variable 'efectividad' será $100\% - 77\% = 23\% = 0.23$. **Es importante recordar que mientras más chica sea esta variable es porque la efectividad de la vacuna es mayor.**

Las reglas con las que funciona el autómatas celular en cada iteración son las siguientes:

1. Si la célula está en *recuperación* y tiene células vecinas *sanas*, se hace un if con un número random (el cual representa la susceptibilidad de infección de la célula), si dicho valor es menor al *regrowthRate*, entonces esa célula pasa al estado de sano.
2. Si la célula está *sana* y tiene células vecinas *enfermas*, se hace un if con un número random, si dicho valor es menor al *infectionRate*, entonces esa célula pasa al estado de *enfermo/infectado*.

3. Si la célula se encuentra *enferma*, en la próxima iteración pasará al estado de *recuperación*.

Basado en el estado de sus vecinos cercanos en el rango $[-1,2]$ tanto en eje X como en eje Y.

El autómata celular que toma en cuenta la vacunación funciona con las mismas reglas pero con una condicional más al momento de que lee el estado de cada célula, dicha condicional revisa si la célula ya está vacunada:

- En el caso de la primera regla, es decir, si la célula está en recuperación, y aparte está vacunada, entonces al momento que se corre la condicional con el valor random, en lugar de comparar dicho random con el regrowthRate, se compara con $\text{regrowthRate} \times \text{efectividad}$, es decir, bajando la probabilidad de recaer en la enfermedad en un 77%. Si no lo está, entonces la célula es vacunada.
- En el caso de la segunda regla, si la célula está en sana, y aparte está vacunada, entonces al momento que se corre la condicional con el valor random, en lugar de comparar dicho random con el infectionRate, se compara con $\text{infectionRate} \times \text{efectividad}$, es decir, bajando la probabilidad de infección en un 77%. Si no lo está, entonces la célula es vacunada.

Visualización.

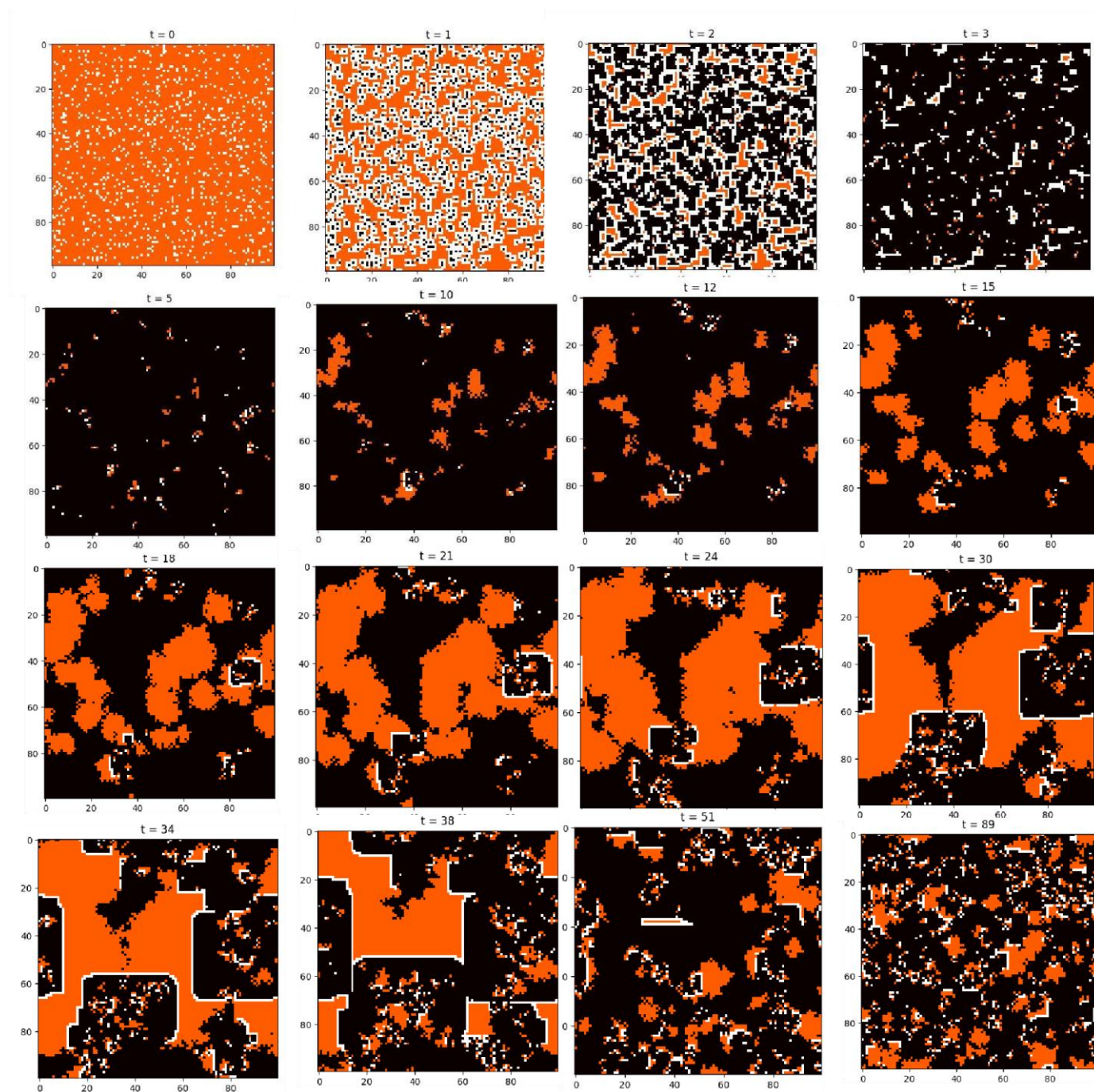
Para la visualización del Autómata celular se hace uso de la librería Pycx que provee una manera conveniente de visualizar AC's de forma más gráfica que en consola, esto porque incluye un GUI que muestra la evolución del autómata (en el cual se puede interactuar con parámetros de control como latencia entre iteración y número de pasos por iteración).

estado 0 = Recuperándose. Negro

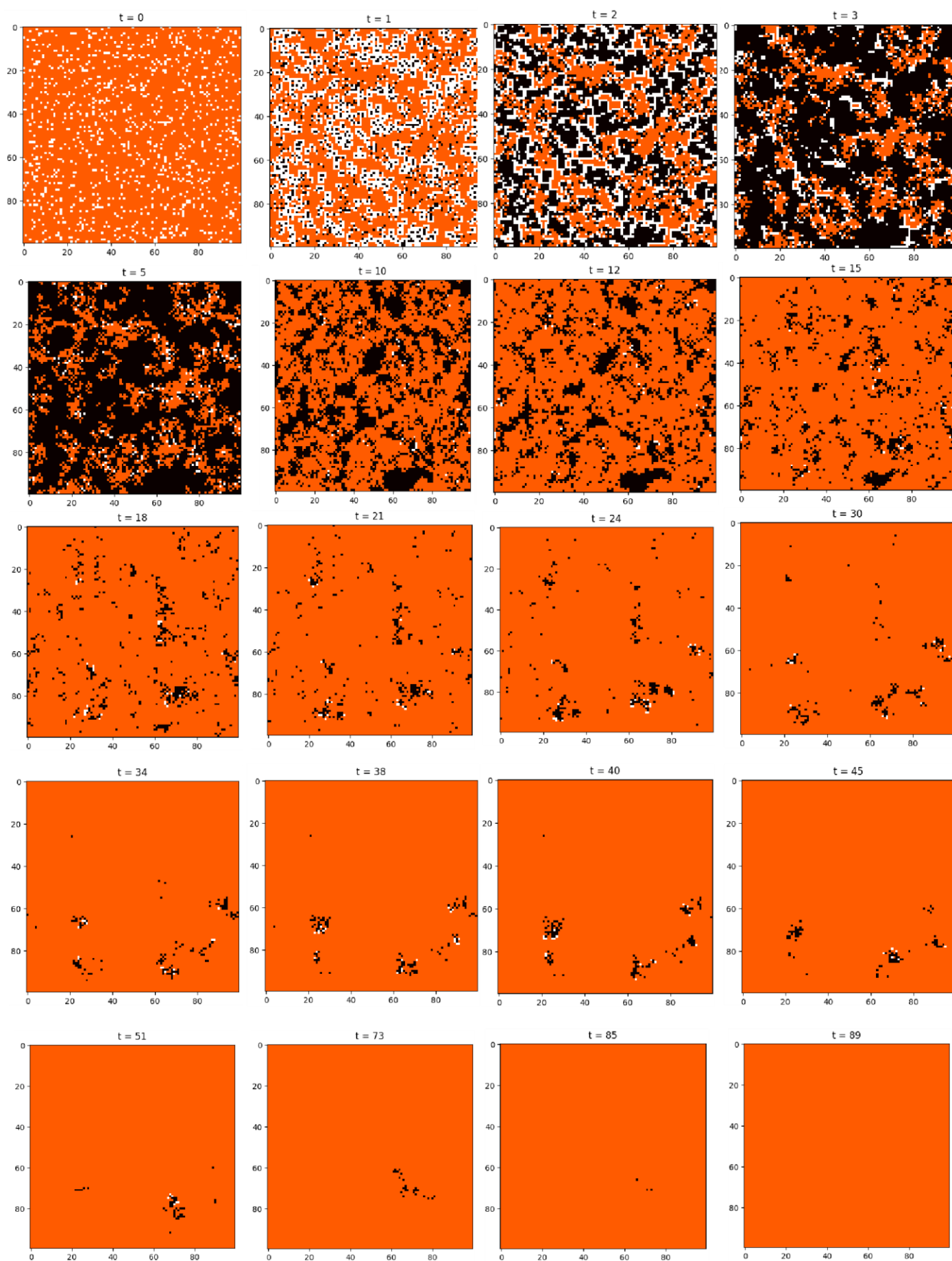
estado 1 = Sano. Naranja

estado 2 = Enfermo. Blanco

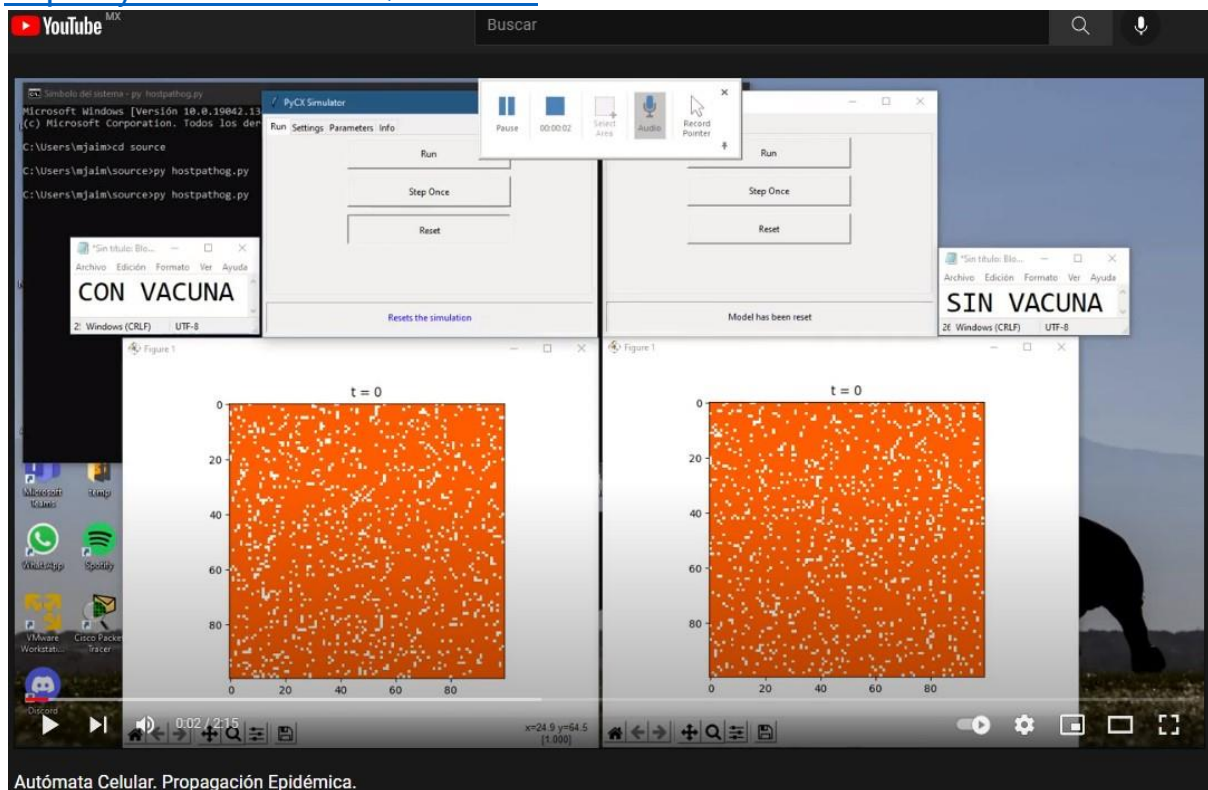
Autómata sencillo:



Autómata con vacunación:



<https://youtu.be/311mQ6RYWfw>



En este enlace se encuentra un video en el que se puede ver de mejor forma la evolución de ambos autómatas celulares.

Conclusión.

Tanto en la evolución que se puede ver en las capturas, como en todas las evoluciones en el video; podemos observar claramente que en el autómata que **no** tiene en cuenta la vacunación de los individuos, siempre tiene células enfermas, hay momentos en los que la tasa de enfermos baja considerablemente, pero rápidamente empiezan a verse nuevas oleadas de infección llevando a un sistema en cierta manera, caótico.

Del otro lado, con el autómata que tiene el factor de vacunación, se puede observar que en las primeras iteraciones la enfermedad se propaga rápido, sin embargo, al mismo ritmo los individuos pasan a estado de **recuperándose** y después de estar **sanos** más fácilmente que en el otro modelo.

Otra diferencia es que en este modelo se puede ver que no hay oleadas nuevas de propagación, al final el modelo termina en muy pequeñas poblaciones de enfermos que pasan a recuperarse hasta que ya no quedan más enfermos y eventualmente la población de células queda compuesta de solamente células sanas.

Referencias.

- *NCBI - WWW Error Blocked Diagnostic.* (2007, 1 marzo). NCBI. Recuperado 30 de noviembre de 2021, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC7127728/>
- Sayama, H. (2020, 23 enero). *Intro to PyCX.* epimath. Recuperado 1 de diciembre de 2021, de https://epimath.org/cscs-530-materials/Lectures/PyCX_Intro.html#1
- Seguros, L. (2021, 26 mayo). *Vacunas que se aplican en MÃ©xico contra la COVID-19.* Latino Seguros. Recuperado 1 de diciembre de 2021, de <https://latinoseguros.com.mx/sitio2021/vacunas-que-se-aplican-en-mexico-contra-la-covid-19/>