

# Simulación de la propagación del virus de la gripe común en el entorno actual y en un entorno mas controlado

Diego Fernando Izquierdo Dussan

June 7, 2016

## 1 Planteamiento del problema

La gripe es una infección vírica aguda que se transmite fácilmente de una persona a otra, circulan por todo el mundo y pueden afectar a cualquier persona de cualquier edad causando epidemias anuales que en las regiones templadas alcanzan su auge durante el invierno. La gripe es un problema grave de salud pública que puede ser causa de enfermedad grave y muerte en poblaciones de alto riesgo. debido a su sintomatología como dolor de garganta, debilidad, dolores musculares, dolor estomacal, articulares y de cabeza, con tos, malestar general y algunos signos como pueda ser la fiebre, puede en algunos casos más graves puede complicarse con pulmonía que puede resultar mortal.[1]

Dado su fácil contagio A nivel mundial, la gripe produce anualmente, de tres a cinco millones de casos de enfermedad severa y unas 250.000 a 500.000 muertes. La transmisión se produce fundamentalmente por vía aérea, al toser o estornudar por la persona enferma, por contacto directo entre otras formas de contagio.

## 2 Justificacion

El control completo de los virus de influenza (gripe) parece imposible. Sin embargo, hay que minimizar el impacto de los brotes de gripe animal y humana, aprendiendo las lecciones de las experiencias pasadas y el reconocimiento de la situación actual. La forma más eficaz de prevenir la enfermedad y sus consecuencias graves es el uso de vacunas, antiviricos y claramente tapabocas y el evitar el contacto directo con el enfermo.[2][3] debido a la problemática de este contagio es necesario plantear un modelo social y cultural el cual ayude a reducir la probabilidad de contagio de la gripe en colegios, oficinas y sitios concurridos, para así reducir la propagación y la posible muerte en caso de gravedad de la enfermedad y hallar factores que reduzcan la incidencia del virus lo anterior apoyado en los resultados de la simulación a realizar.

## 3 solución propuesta

para el proyecto se plantean dos simulaciones una representando la situación actual del comportamiento del contagio de la gripe común en una población como la de Colombia (unillanos) y otro representando una situación ideal en donde se tomen medidas para la disminución del contagio y el control de la enfermedad (uso de tapabocas, evitar el contacto humano, vacunas).

## 4 variable aleatoria y recopilación de datos.

la simulación seguirá un modelo de variable aleatoria discreta ya que se hablara de cantidad de infectados y cantidad de personas sanas. en x cantidad de tiempo en semanas

para la toma de datos se usaran estudios estadísticos ya realizados por organizaciones como por ejemplo: Asociación de Médicos de Sanidad Exterior, Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y el centro para control y prevención de enfermedades (CDC)

-relación área numero de personas (Unillanos) -tasa de enfermos por año, mes, semana

se pretende responder preguntas como por ejemplo:

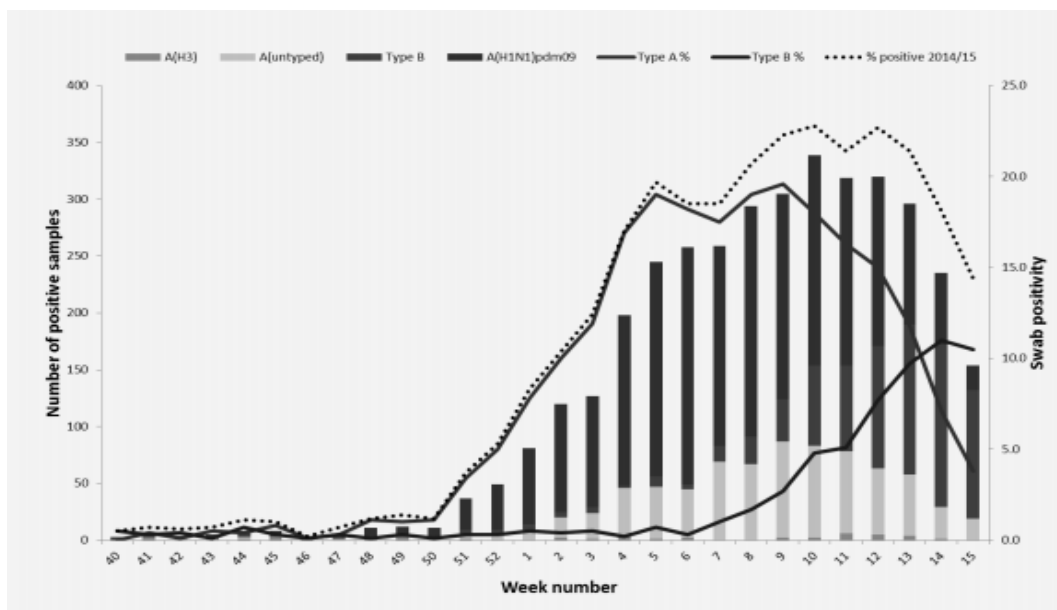
- que pasaría si en Colombia se implementara la cultura de usar tapabocas, y de vacunarse
- en que porcentaje disminuye el contagio de la gripe implementando los métodos de prevención(uso tapabocas, evitar el contacto directo, el uso de la vacuna)
- conocer la media de muertes, enfermos y sanos.

Para la saber la probabilidad de propagación de la enfermedad,el proyecto fue basado en las estadísticas de artículos publicados por entidades internacionales.

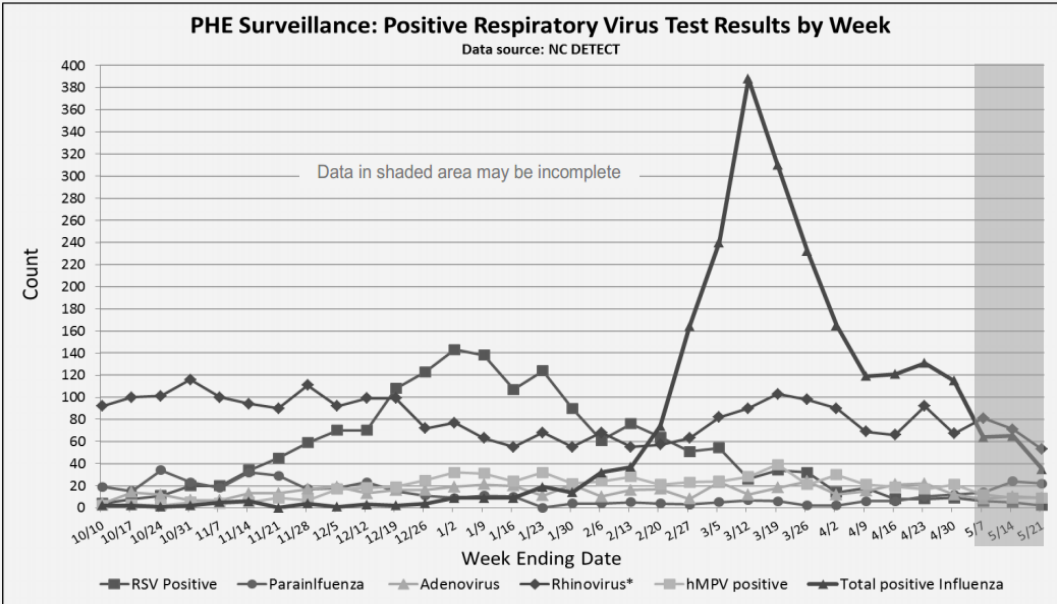
#### 4.1 Cantidad de infectados iniciales

- para saber la cantidad de infectados iniciales se estudia la cantidad de infectados en una semana de la epidemia, esto en estudios realizados en diferentes partes del mundo.  
Se presentan diferentes estudios para poder usar un dato coherente con la realidad:

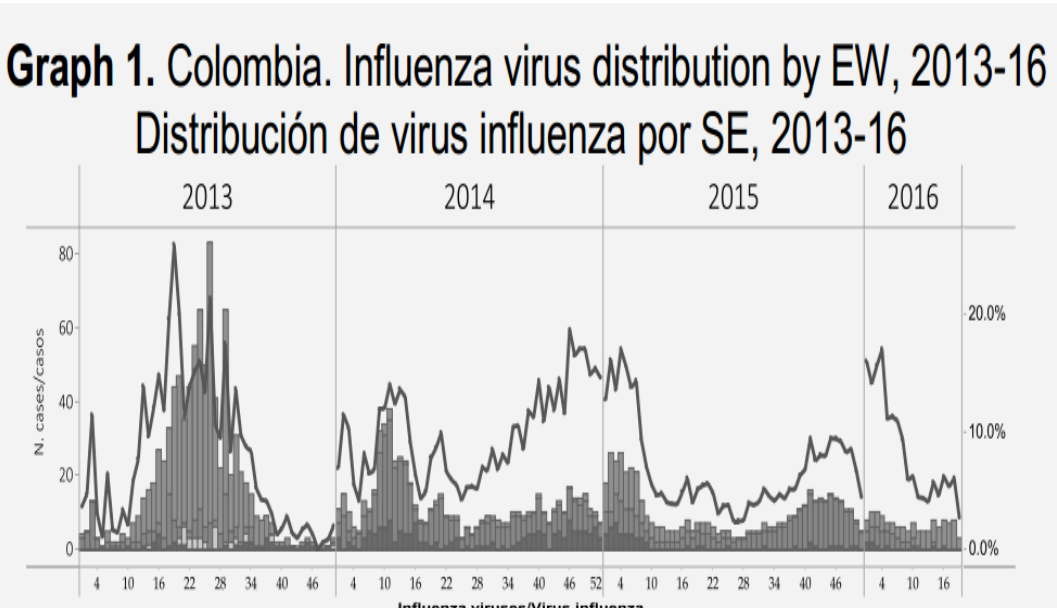
Reporte semanal de la gripe positivo (número y porcentaje positivo) por la gripe subtipo de la semana 40 de 2015 hasta la semana 17 de 2016, Escocia[4]



Reporte semanal casos positivos de influenza en Carolina del Norte [5].



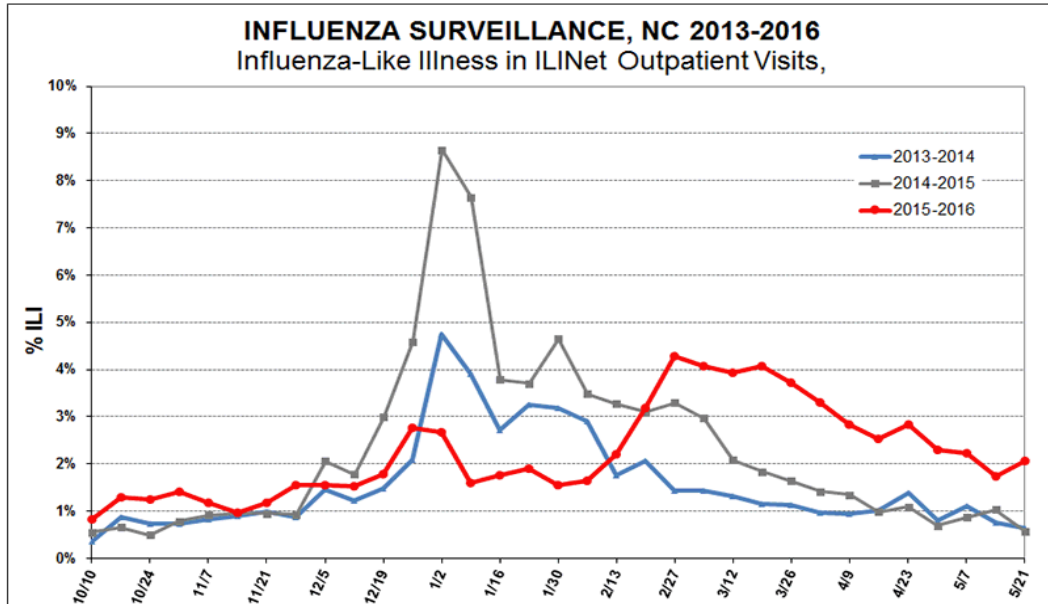
Distribución del virus de la influenza en Colombia por semana(reportados) [6].



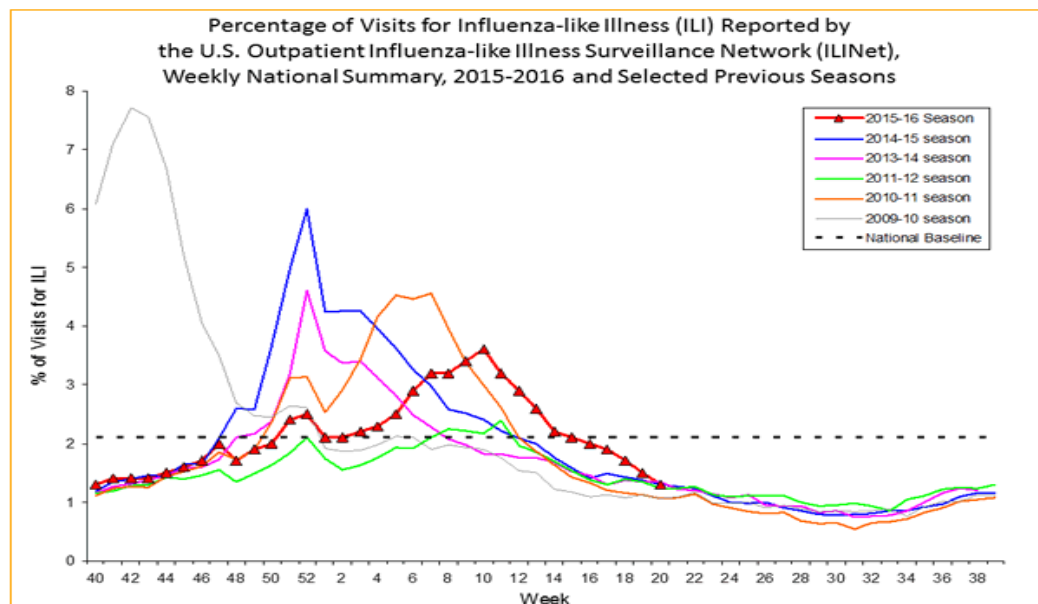
## 4.2 Probabilidad de infectar

Para obtener la probabilidad de que una persona sea infectada dado que tenga este en contacto con el virus se estudiaron diferentes estadísticas.

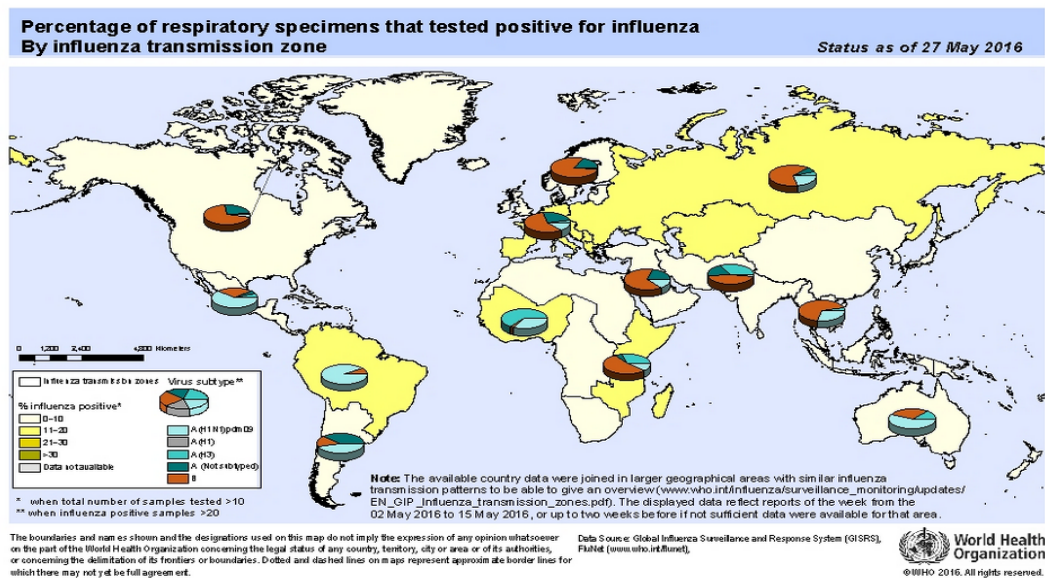
Porcentaje de infectados por enfermedades respiratorias por semana en Carolina del norte.[7]



Porcentaje de visitantes(centros hospitalarios) por enfermedades respiratorias relacionadas con la influenza en los Estados Unidos.[9]



Porcentaje de pruebas positivas para la influenza en personas con enfermedades respiratorias. por áreas de transmisión.[10]



-Al rededor del 20% de la población estadounidense enferma anualmente. esto solo contempla los casos reportados, ya que los casos sin reportar sospechan un porcentaje alto [8]. de estos datos anteriores se decide escoger 0.20 como la probabilidad de infectarse en caso de tener contacto con el virus.

## 5 Diseño experimental

El proyecto se desarrollara en NETLOGO. un lenguaje de programación basado en agentes. simulando en un primer caso la propagación de la enfermedad con tres tipos de agentes en donde en esta cultura no tomen medidas de precaución para que se siga propagando el virus, en segundo caso la cultura en la población es diferente lo que lleva a los agentes a tomar medidas contra la propagación del virus.

### 5.1 Agentes

Primer caso se estudiara la propagación de la enfermedad donde se encuentran 3 agentes los cuales no cuentan con características como en el segundo caso:

Individuos sanos (Verde)

Individuos inmunes(el primer día los únicos inmunes son los agentes vacunados) (Gris)

Individuos infectados (Rojo)

Segundo caso se estudiara la propagación de la enfermedad donde se encuentran agentes como:

Individuos sanos (Verde)

Individuos inmunes(el primer día los únicos inmunes son los agentes vacunados) (Gris)

Individuos infectados (Rojo)

Donde los individuos infectados comparten 3 características:

- Enfermo con tapabocas (Blanco)
- Enfermo que evita el contacto físico (Naranja)
- Enfermo con tapabocas y que evita el contacto físico (Amarillo)

Respectivos colores de los agentes según sus características



Así mismo los agentes tienen otras dos características importantes las cuales son:

Tiempo de infectado (tiempo en días que lleva el agente infectado).

Tiempo de inmunidad (tiempo en días que los agentes inmunes llevan siéndolo).

Cada uno de los agentes tiene una probabilidad diferente de infectar a los agentes a su alrededor dependiendo de las características que tenga este, si usa tapabocas si evita el contacto si hace ambas o no las hace respectivamente, Tabla "Rango de valores de los parámetros y variables de entrada" pag 9 .

Al ser infectados cada uno de los agentes puede contagiarse de con cada una de las características anteriormente mencionadas la probabilidad de que la persona que sea contagiada tenga ciertas características es:

Probabilidad de que si se enferma use tapabocas: 0.35

Probabilidad de que si se enferma evite el contacto: 0.35

Probabilidad de que si se enferma use tapabocas y evite el contacto: 0.2

Probabilidad de que si se enferma no tenga ninguna característica especial: 0.1

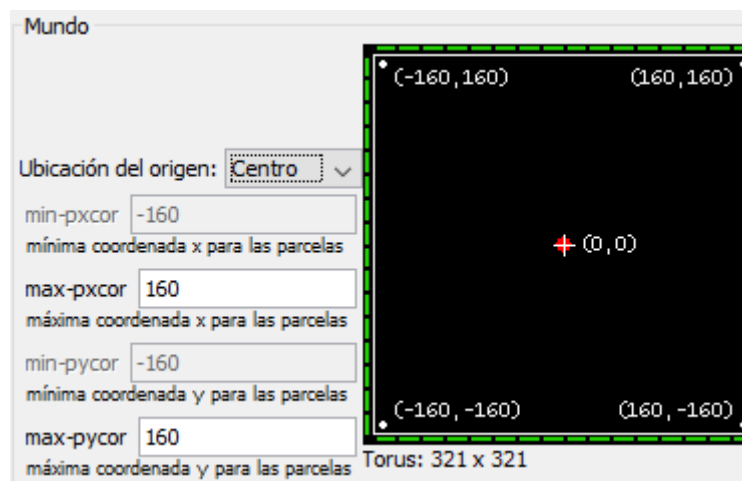
## 5.2 Terreno de la simulación

Se realizó la simulación en base al área de la universidad de los llanos.

Dado que que Netlogo usa espacios llamados parches o parcelas, se hizo una relación parcela-metro cuadrado, en donde cada parcela es igual a un metro cuadrado del área de la universidad y suponiendo que cada persona ocupa una parcela (un metro cuadrado).

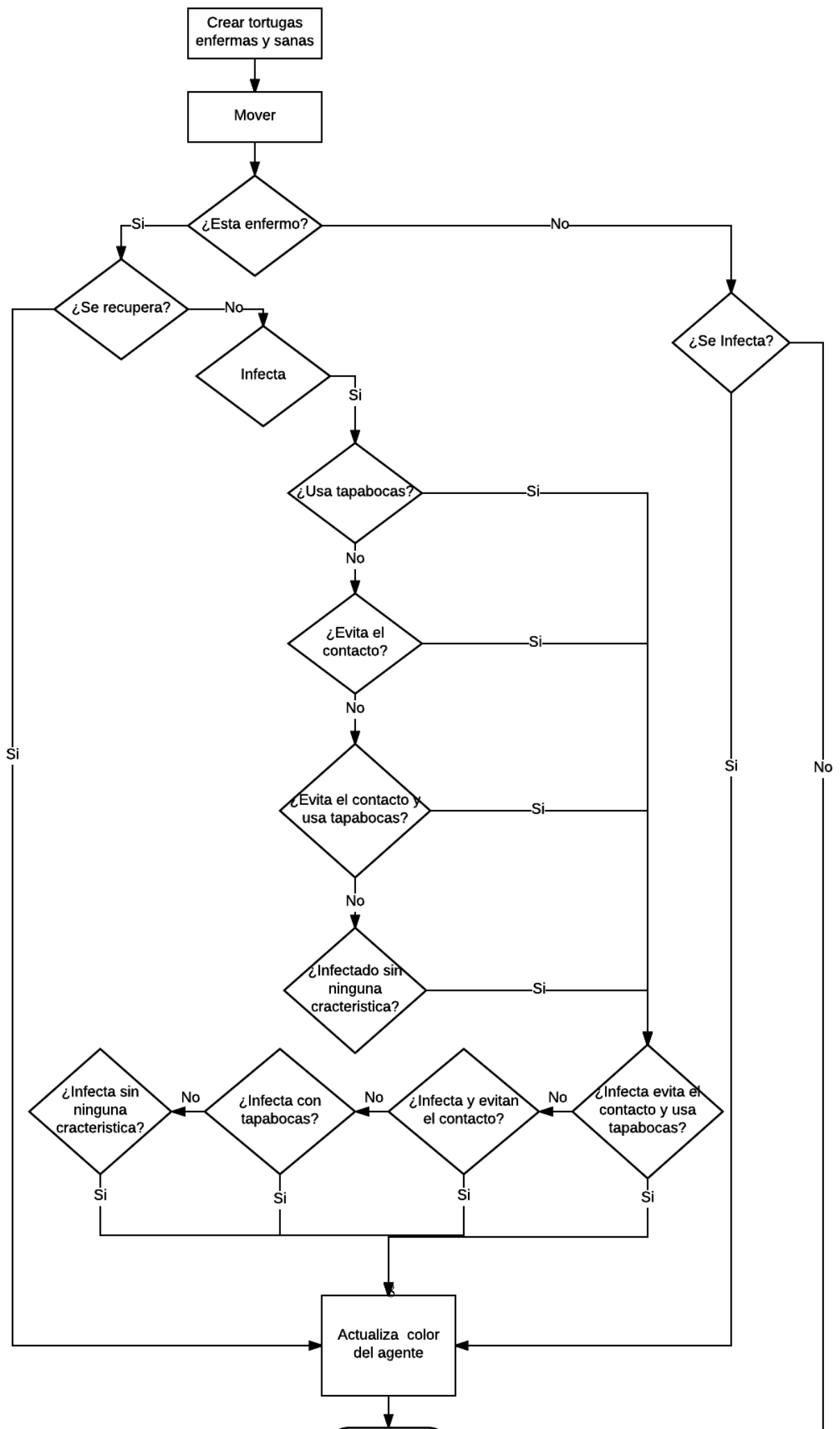


Para saber la relación de las parcelas con el área de la universidad:  $((160\text{metros} \times 160\text{metros}) \times 4) = 102400 \text{ metros cuadrados}$



## 6 Resultados

Ciclo principal de la simulación





En un principio se pautan los parámetros de la simulación, se inicia el programa (se crean los agentes y se distribuyen por el mapa). se ejecutan las acciones de cada individuo, Se mueven de forma aleatoria (rango de 100 grados derecha y luego a la izquierda). en caso de que el agente este infectado se incrementa en 1 el tiempo de infectado, en caso de que el agente sea inmune se disminuye en 1 el tiempo de inmunidad. por otra parte si el agente esta infectado tiene la opción de recuperarse (si el tiempo de infectado es mayor que el tiempo que dura la enfermedad) de no ser este el caso el agente infectara a agentes sanos dependiendo las características que tenga este, al infectar existe cierta posibilidad de que los agentes infectados obtengan diferentes características. esto conlleva al cambio de color de los agentes según sus nuevas características. se repite el ciclo hasta que la cantidad de infectados se igual a 0.

Rango de valores de los parámetros y variables de entrada.

<b>Variable</b>	<b>Valor por defecto</b>	<b>Valor minimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Poblacion</b>	7000	0	28000
<b>Tiempo de la Infeccion</b>	16	0	100
<b>Cantidad de personas vacunadas</b>	650	0	7000
<b>Infectados iniciales</b>	193	0	1000
<b>Infectados iniciales con tapacobas</b>	0	0	1000
<b>Infectados iniciales que evitan contacto</b>	0	0	1000
<b>Infectados iniciales que usan tapabocas y evitan contacto</b>	0	0	1000
<b>Constante</b>	<b>Valor</b>	<b>condicion</b>	
<b>Tiempo de inmunidad</b>	60	no aplica	
<b>Probabilidad de contagiar la enfermedad si no se tienen nunguna característica especial</b>	0.2	3 m de distancia	
<b>Probabilidad de contagiar la enfermedad dado que use tapabocas</b>	0.2	1 m de distancia	
<b>Probabilidad de contagiar la enfermedad dado que evite el contacto</b>	0.15	3 m de distancia	

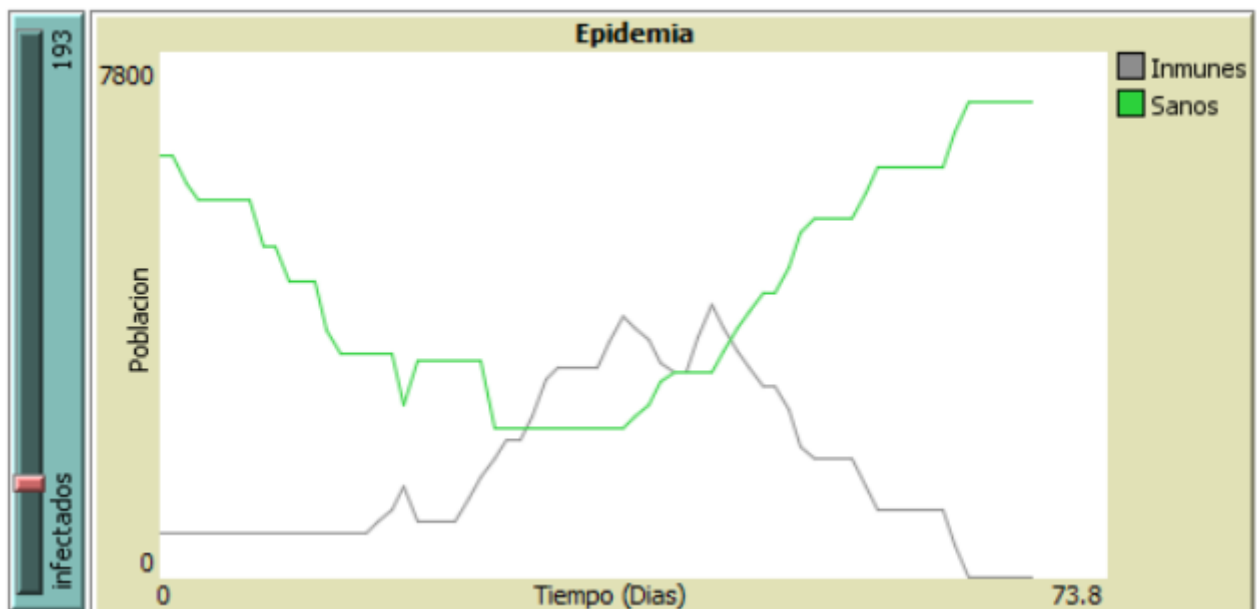
Probabilidad de contagiar la enfermedad dado que evite el contacto y use tapabocas	0.09	1 m de distancia
Probabilidad de que los contagiados vaya a usar tapabocas	0.25	no aplica
Probabilidad de que los contagiados vaya a evitar el contacto	0.16	no aplica
Probabilidad de que los contagiados vaya a usar tapabocas y a evitar el contacto	0.16	no aplica
Probabilidad de que los contagiados no tengan ninguna característica especial	0.16	no aplica

### 6.1 Comparación del comportamiento entre modelos.

#### Modelo en donde las personas no usan medidas de protección.

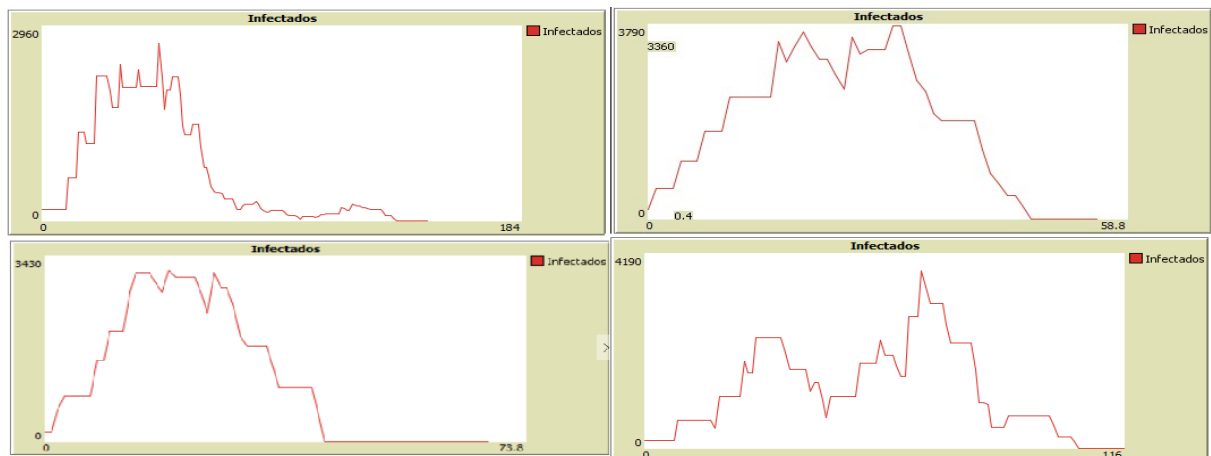
Desarrollado el programa se realizó la siguiente simulación con los datos de la tabla anterior. Se obtuvieron los siguientes resultados:

En la primera gráfica podemos observar el comportamiento de la población sana y la inmune



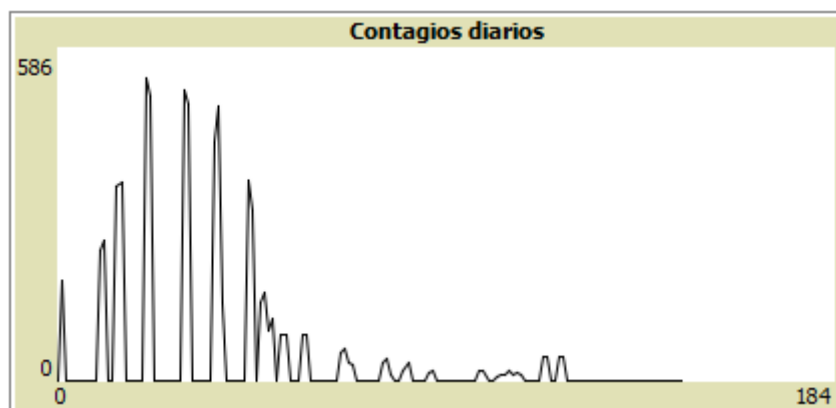
La población sana está representada por el color verde, mientras que la población inmune es de color gris. La simulación dio como resultado un comportamiento inversamente proporcional entre los dos tipos de agentes, demostrando así que la población sana empezó con un decrecimiento mientras que la población inmune fue creciendo para finalmente llegar a tener una población con un 0% de infectados.

Las siguientes gráficas muestran el comportamiento de la población de infectados en 4 simulaciones diferentes siendo la tercera gráfica parte de la simulación anterior.



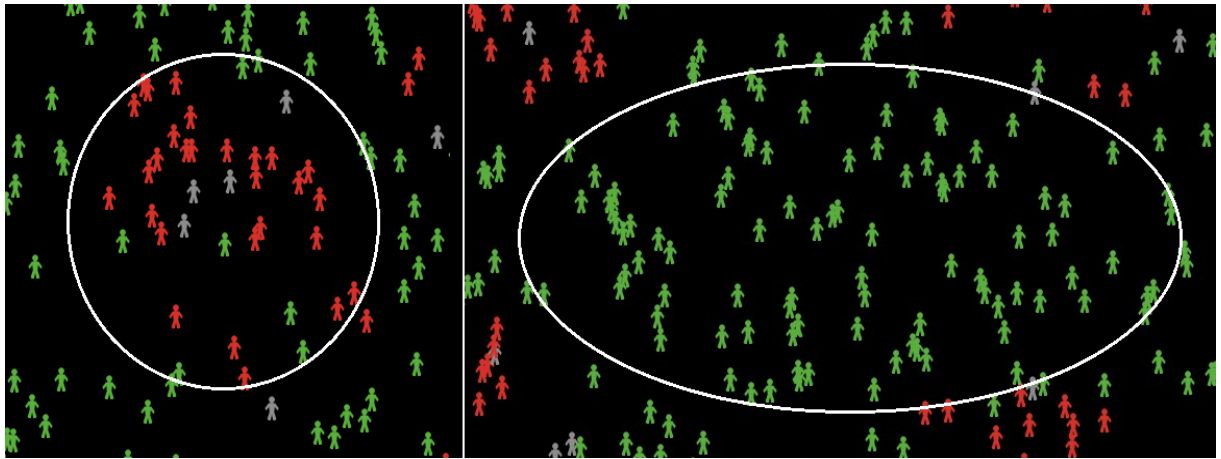
Así como las gráficas mostradas al inicio del documento las cuales fueron encontradas por artículos investigativos de entidades internacionales, la población de infectados siempre muestra un crecimiento superior al 50% del total de la población, en este tipo de cultura.

Tal como la cantidad de infectados en cada día se modela el número de contagios por día, representado en la siguiente gráfica:



Se puede observar que el comportamiento es similar al de la primera gráfica de la imagen anterior. Se deduce que es esta cantidad de contagios la que hace que el número de infectados sea tan grande.

En las simulaciones realizadas se observa un comportamiento en los agentes donde tienden a agruparse los agentes infectados y no infectados.

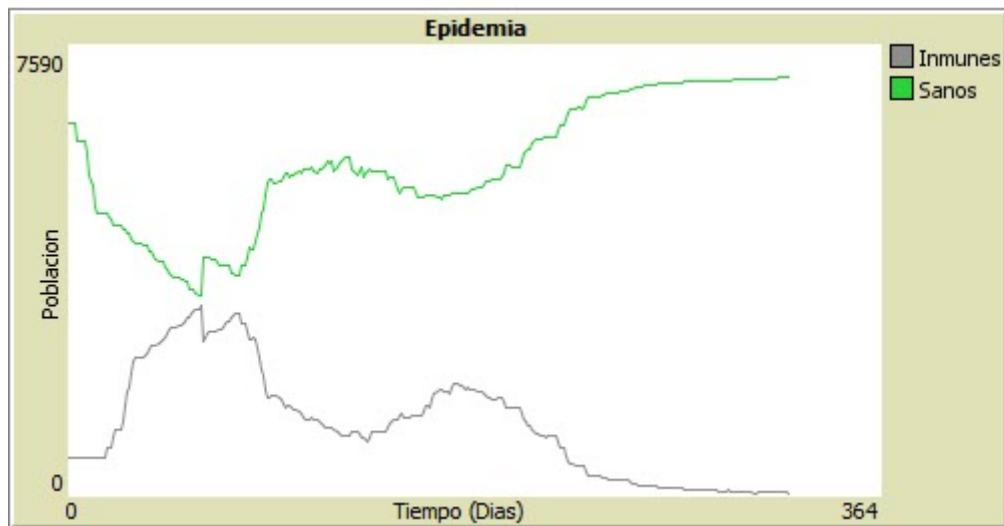


Este comportamiento se da debido al constante contagio entre los individuos, el cual se da entre agentes cercanos.

### Modelo en donde las personas si usan medidas de protección.

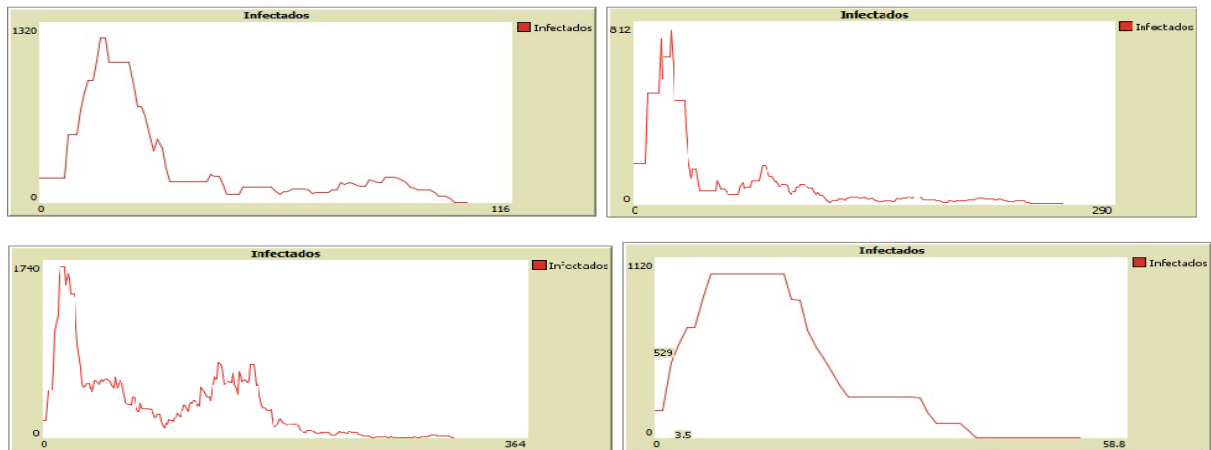
Se realizaron simulaciones con los mismo datos del modelo anterior, en este caso asumiendo que sea una población con una cultura que tome medidas en contra del contagio de la gripe.

Al igual que en el caso anterior se analiza el comportamiento de la población sanos e inmunes.



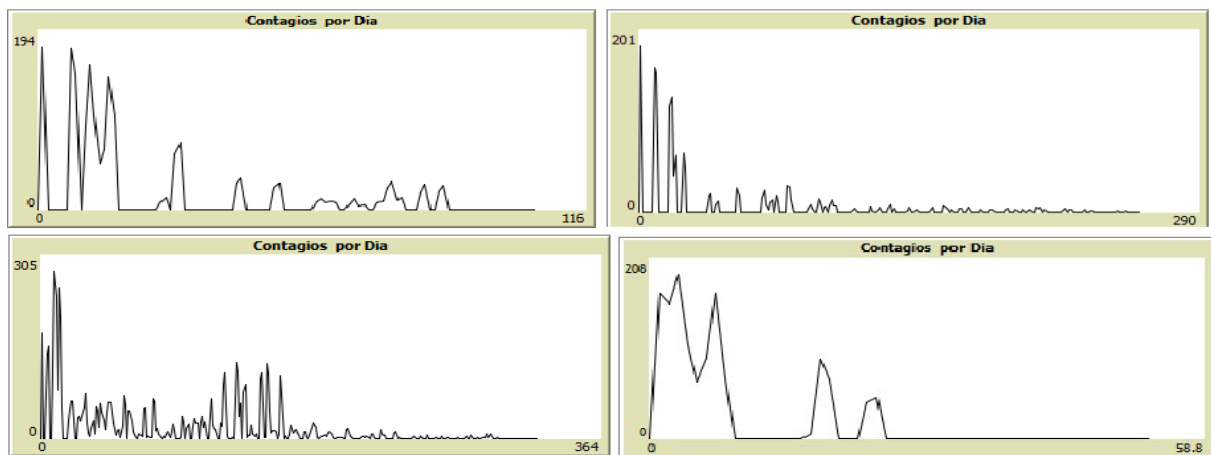
Se obtuvo el mismo resultado que en el caso anterior (relación inversamente proporcional)

A diferencia de lo anterior los resultados en cuanto a la cantidad de infectados tuvo un cambio favorable. (gráfica 1: superior izquierda. gráfica 2: superior derecha. gráfica 3: inferior izquierda. gráfica 4 inferior derecha).



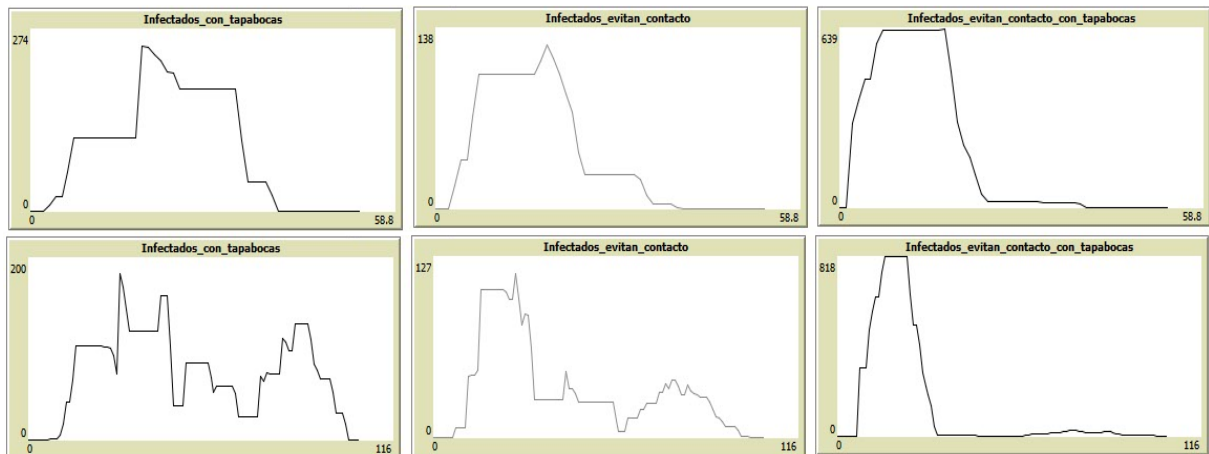
En estos casos con una cultura donde se toman medidas de precaución contra la gripe (Influenza ). Así mismo la cantidad de infectados nunca supero al 25% de la población total.

Se gráfico la cantidad de contagios por día mostrados a continuación en las gráficas las cuales corresponde a las de la imagen anterior. (gráfica 1: superior izquierda. gráfica 2: superior derecha. gráfica 3: inferior izquierda. gráfica 4 inferior derecha).



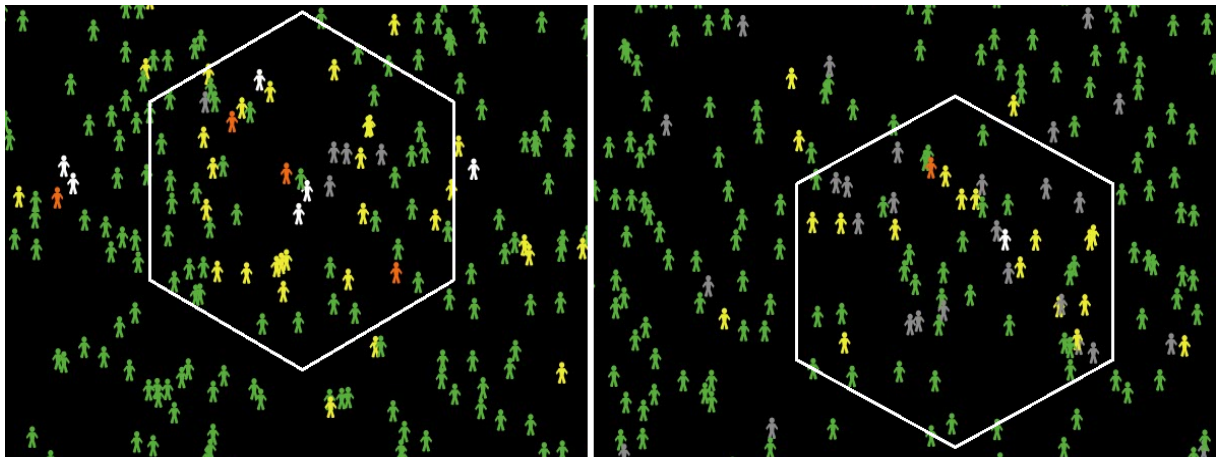
Se muestra un comportamiento proporcional al de la cantidad de infectados. así mismo disminuye progresivamente hasta llegar a cero el numero de contagios.

En este caso al tener agentes con características diferentes se gráfico el comportamiento del numero de agentes con cada características de las simulación de las gráficas 1 y 4 de las imágenes anteriores.



En las gráficas se puede ver que tiene un comportamiento directamente proporcional al de el numero de contagiados pero teniendo en cuenta que no son iguales. al ser aleatorias; el contagio de infectados con estas características no es igual.

En cuanto a la distribución de los agentes en el mapa.



Se puede notar la agrupación de los enfermos al estar contagiando continuamente a los agentes sanos.

## 7 Conclusiones

En este trabajo se han desarrollado e implementado con éxito dos modelos paremiológicos de la gripe uno en con una cultura como la de Colombia donde no se suele medir la problemática de la gripe y su contagio y otro en donde si se tienen en cuenta estos problemas, sus repercusiones sociales y económicas, y se toman medidas tan simples como la de usar un tapabocas.

Cabria esperar que siempre en los casos donde se aplican medidas de precaución la epidemia dure menos. sin embargo no siempre es así.

Los resultados de las simulaciones dieron como resultado unas gráficas similares a los estudios científicos mencionados al inicio del documento.

En los casos donde hay un crecimiento muy rápido de Infectados suele para la epidemia rápidamente debido a que como la mayoría de agentes están enfermos al acabar su tiempo de infección quedan demasiados inmunes reduciendo la probabilidad de que se infecten nuevos agentes.

El contagio de la gripe en la población con medidas de prevención fue mucho menos que en la población en donde no se tomaron medidas. alrededor de un 40% mas de contagiados.

Debido a la variedad de características de los agentes en es segundo caso estudiado se pueden obtener resultados estocásticos en cuanto a la cantidad contagio de la gripe y el numero de contagiados.

Se observo que el espacio del mapa por agente es vital para los datos y resultados (personas contagiadas).

Teóricamente y por la experiencia se esperaría que el numero de agentes infectados en ambos casos fuera menos pero hay que tener en cuenta que en esta simulación los agentes conviven juntos y en contacto todo el tiempo a diferencia que en un entorno real en donde los individuos ven y vuelven del lugar estudiado.

NetLogo resultó ser una plataforma adecuada para implementar el modelo basado en el individuo. Pero teniendo en cuenta el espacio del mapa que se quiso trabajar no lo fue tanto, ya que tenía retardos de respuesta.

Se esperaba hacer la simulación con una relación mapa-agentes como datos reales de Colombia pero debido a los problemas con el software Netlogo, se opto por hacerlo con datos de la Universidad de los llanos; área y cantidad de personas de la institución.

La cantidad de información acerca del tema de estudio es insuficiente ya que principalmente se encuentra la cantidad de enfermos por semana en ciertas regiones. hay que tener en cuenta que en la vida real no son todos los infectados los cuales asisten a entidades medicas por lo cual muchos casos no son reportados. por otra parte la información en cuanto a las medidas de precaución es escasa por no decir que nula para sacar estadísticas y probabilidades.

## 8 Referencias

- [1] Avian Flu to Human Influenza, David B. Lewis, Annual Review of Medicine, Vol. 57: 139 -154 (Volume publication date February 2006)
- [2] Cross Talk Between Animal and Human Influenza Viruses. Makoto Ozawa and Yoshihiro Kawaoka. Annual Review of Animal Biosciences, Vol. 1: 21 -42 (Volume publication date January 2013)
- [3] Optimal control of an influenza model with seasonal forcing and age-dependent transmission rates. Volume 317, 21 January 2013, Pages 310–320
- [4] Surveillance of influenza and other respiratory viruses in the United Kingdom: Winter 2015 to 2016. Public Health England. pages 23. 2016
- [5] NORTH CAROLINA WEEKLY INFLUENZA SURVEILLANCE SUMMARY 33 2015–16 INFLUENZA SEASON WEEK 20: ENDING MAY 21, 2016, N.C. Weekly Influenza Summary. pages 4
- [6] Actualización Regional SE 20, 2016 Influenza y otros virus respiratorios. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. pages 14 2016
- [7] NORTH CAROLINA WEEKLY INFLUENZA SURVEILLANCE SUMMARY 33 2015–16 INFLUENZA SEASON WEEK 20: ENDING MAY 21, 2016, N.C. Weekly Influenza Summary. pages 2-3
- [8] About Influenza (Flu) Viruses. NC DHHS Influenza (Flu) Information. de: [www.flu.nc.gov](http://www.flu.nc.gov)
- [9] Weekly U.S. Influenza Surveillance Report. Centro De Control y Prevención de Enfermedades. de: [www.cdc.gov/flu/weekly](http://www.cdc.gov/flu/weekly) [10] Influenza Update 264. Organización Mundial de la Salud. pages 2-3 .2016