

# Modelo de agentes aplicado a enfermedades de tipo contagio (VIH) para la ciudad de Medellín.

Juan C MOLINA

Escuela de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín  
Medellín, Antioquia, 1027, Colombia.

y

Gloria E PEÑA

Escuela de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín  
Medellín, Antioquia, 1027, Colombia.

## RESUMEN

Una de las grandes herramientas de la ingeniería, especialmente la ingeniería industrial, es la simulación de sistemas; ya que esta puede ser aplicada a una gran cantidad de procesos, desde modelos matemáticos hasta problemática social. Es por ello que se quiso demostrar su utilidad para una aplicación tan puntual como lo es el comportamiento de una enfermedad de tipo epidemiológica (como lo es el VIH) para una ciudad en específico, en este caso Medellín, Colombia.

Se creó entonces un modelo de simulación multiagentes que recrea dicha ciudad, en el cual, existen agentes de tipo humano, a los cuales se les asignan características específicas al “nacer”, las cuales determinarán su personalidad y servirán para que se relacionen con otros agentes, logrando así una aproximación a la problemática real.

El modelo espera pronosticar los índices de contagio en los diversos sectores socio-económicos de la ciudad, con distribuciones halladas en estadísticas regionales. Así mismo, se quiere analizar qué pasaría con dichas tasa de contagio si se modifican ciertas variables como el financiamiento de medios de prevención en los sectores más vulnerables, y de medicamentos para las mujeres contagiadas que se encuentran en estado de embarazo.

**Palabras claves:** Modelos de simulación, Agentes, Patches, Observador, SIDA, modelamiento de sistemas complejos.

## 1. INTRODUCCIÓN

La simulación de sistemas ha sido una herramienta muy útil para la ingeniería, ya que con esta se han reducido muchos gastos antes de tomar decisiones cruciales; tanto en la investigación como en la producción.

Ahora bien, la simulación de agentes es considerada por muchos como una de las ramas con más futuro en la ingeniería, dado que está estrechamente ligada a la inteligencia artificial y es por ende capaz de cumplir tareas complejas y de simular sistemas que se asemejan exageradamente a los procedimientos de la raza humana, logrando de esta manera aproximaciones muy útiles para aplicaciones muy puntuales.

Se simuló el sistema de salud, tipo contagio, de la ciudad de Medellín (Colombia), con las diferentes características que poseen sus numerosos habitantes, con el fin de estimar a futuro el comportamiento del VIH en sus diversos sectores. Para ello, se crearon agentes con creencias propias, que pueden interactuar entre ellos, y recrear de una manera fidedigna las relaciones humanas en el ámbito social-reproductivo, para que sean ellos los que muestren cómo evoluciona la patología en cualquier cantidad de años venideros, lo anterior gracias a la ya nombrada simulación basada en agentes.

El modelo en cuestión, se elaboró utilizando el programa Netlogo[1], así como datos y estadísticas propias de la ciudad de Medellín, cabe señalar que se tomó como punto de partida para su creación a uno de los modelos ejemplo de dicho programa<sup>2</sup>, más se le dieron aspectos mucho más complejos a las interacciones entre agentes, y a las diferentes

actividades posibles, cambiando así toda la programación y dándole nuevos aspectos más elaborados y complejos aplicados al ámbito de la ciudad.

## 2. MODELO APLICADO AL COMPORTAMIENTO DEL VIH EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN.

### 2.1 La aplicación de agentes en un modelo epidemiológico.

Los agentes presentes en el modelo tienen diferentes clasificaciones (Figura 1.), las cuales principalmente consisten en agentes activos e inactivos, siendo lo anterior determinado por la participación de cada agente según su edad cronológica, es decir; Un agente que tiene cinco años de vida será por obvias razones inactivo ya que no puede sostener relaciones de tipo sexual lo que a su vez consiste en el principal medio de contagio, en cambio un agente con edad cronológica de veintisiete años; será activo pues puede tener alcance a todos los procedimientos que se presentan en el sistema.

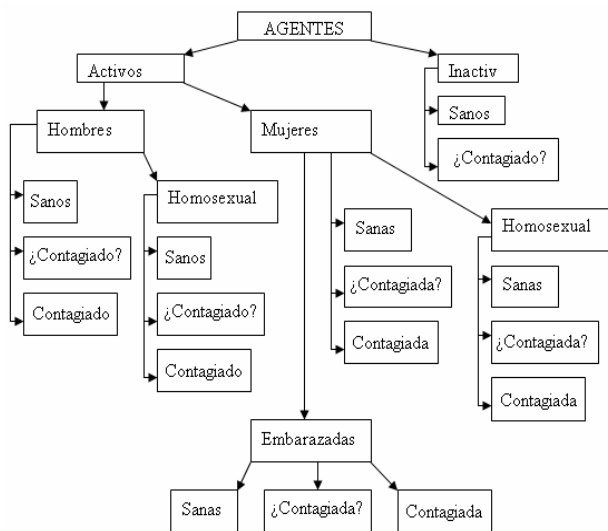


Figura 1. Clasificación de agentes en el modelo.

Aparte de la edad cronológica, los agentes se dividen en géneros; Femenino y Masculino, los cuales tienen sub-estados proporcionados por su condición (En femeninos lo determina el embarazo), sus tendencias sexuales y principalmente por su estado de salud; si se encuentran completamente sanos, si están infectados y por una razón u otra lo desconocen, y si están infectados teniendo conocimiento de ello.

Existe otra clase de agentes que son determinados por sus tendencias a la drogadicción, más como cualquiera que sea activo tiene la posibilidad de convertirse en drogadicto, no es necesario entonces hacer una clasificación aparte para ellos en el diagrama.

Otro tipo de agentes que está presente en la programación en Netlogo 3.0, son los llamados “Patches” o cuadrantes, los cuales determinan el espacio donde se ubican los agentes antes citados, y determinan sus condiciones de nacimiento, lo anterior se debe a que dichos “Patches” crean en una interfaz visual el mapa de la ciudad, y al inicio del modelo cuando los agentes de tipo humano “nacen” se les asignan ciertas características socio-económicas dependiendo del lugar donde fueron creados, es decir; El cuadrante donde un agente aparece al azar por primera vez no es más que un sector de la ciudad, el cual tiene diferentes niveles de pobreza, por ende menos posibilidades de educación y por ello las relaciones sociales de quienes viven allí estarán afectadas por probabilidades distintas a las de otros sectores.

El último agente es el llamado “Observador”, este regula el modelo y tiene influencia tanto en los agentes de tipo humano como en los de tipo cuadrante. El observador controla también las variables generales del modelo; Tal como el tiempo. Ahora bien, los agentes de tipo humano se interrelacionan entre sí de diversas maneras y poseen metas individuales que pueden ser cumplidas o no, además existe la meta general del modelo que consiste en el análisis del comportamiento del VIH en la ciudad de Medellín para una cantidad de tiempo determinada por el usuario

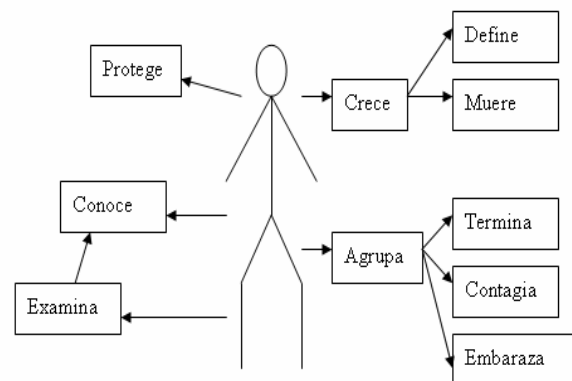


Figura 2. Principales funciones que realiza un agente activo.

La meta de un agente es crecer y cumplir con las funciones reproductivas de la raza humana a su criterio, en cuanto a si es infectado o no, esto se determina por las convicciones del agente, es decir, por los valores asignados a su promiscuidad, a su seriedad en el uso de preservativos, y a su curiosidad por indagar en la procedencia de sus parejas y su historial médico. Más en términos generales; el agente nace con sus “creencias”, crece hasta volverse un miembro activo de la sociedad y trata de conseguir pareja para así procrearse, es posible que decida casarse y compartir el resto de su “existencia” con otro agente o no, así como que tenga descendencia, o simplemente sin que él lo quiera puede morir prontamente antes de lograr cualquiera de las metas. La figura 2. Muestra las principales funciones que realiza un agente activo; las cuales consisten en protegerse en las relaciones sexuales, saber si esta contagiado por síntomas o por que se examinó (prueba de VIH), crecer y definir sus tendencias sexuales y creencias así como morir, agruparse con otro agente y en esta relación poder terminar, contagiar u embarazar a su pareja.

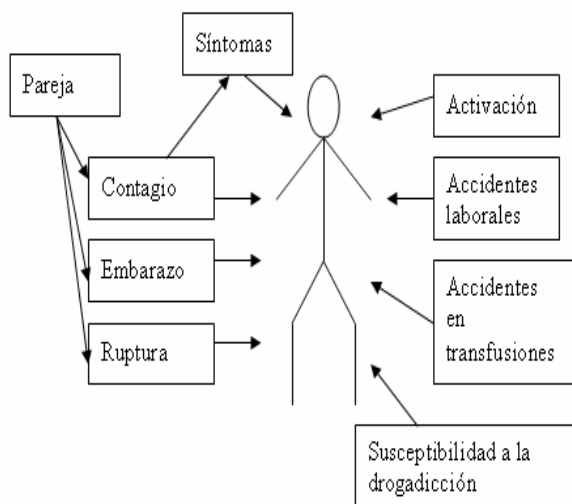


Figura 3. Principales funciones que son realizadas en un agente activo.

Ahora bien, hay funciones que son ejecutadas sobre un agente (Figura 3.), éstas consisten principalmente en su activación como ser útil para la sociedad y todo lo que esto conlleva, los accidentes que pueda sufrir que lo contagien con VIH, Lo susceptible que sea ante el riesgo de convertirse en drogadicto, además de lo que su pareja-agente le cause; Contagios que llevan a una sintomatología, embarazos y rupturas.

Los agentes poseen varias barreras culturales que pueden ser violadas bajo cierta probabilidad; la fidelidad en el matrimonio, las relaciones entre familiares, entre otros factores son ejemplos claros de ello.

Otra de las características propias de los agentes de tipo “humano”, es que se les asigna un apellido al momento de su nacimiento, el cual permite que si un agente es por decir “hermano” de otro, estos no puedan tener relaciones de tipo sexual, ya que si esto fuera posible, sería completamente distinto a la sociedad real, y traería como consecuencias el aumento exagerado de la población, entre otras.

La diferencia de dicho apellido radica en que es transmitido por la madre, ya que el agente que “nazca” de ella, heredará algunas de sus características, como por ejemplo si está contagiado o no, y esto facilita enormemente la programación del sistema.

Otro de los factores importantes en los nacimientos, es que los agentes femeninos saben cuántos hijos quieren tener, esto es determinado por diversos factores que varían desde su condición económica, hasta su edad de iniciar la vida sexual.

## 2.2 Funcionamiento del modelo

Antes de correr cualquier tipo de simulación, es posible modificar algunas variables tales como el número total de personas, claro está que no es un paso necesario ya que todos los valores están determinados y su variación es usada para fines puntuales que tenga el usuario. Ahora bien, una vez iniciada una “corrida” de simulación, se creará el mapa de la ciudad y en él aparecerán agentes de tipo humano ubicados en diversos sectores, estos poseerán características diferentes dadas por aquel lugar donde surgieron por vez primera, las cuales a su vez son tomadas de distribuciones de datos de la ciudad y de algunas probabilidades generales. También hay que señalar que habrá ciertos lugares donde el número de personas por metro cuadrado será mayor que en otros, ya que hay partes de la ciudad donde en efecto así lo es.

Cuando los agentes empiezan a interactuar, se mueven en un área no muy lejana a donde “nacieron” y conocen a los agentes que están más cercanos a ellos, aunque también pueden dirigirse a lugares más lejanos con el fin de intercambiar actividades con agentes de otros sectores, lo cual

recrea de alguna manera las rutinas y los círculos sociales que se generan en una sociedad común.

Aquellos agentes cumplen entonces con algunas de las principales funciones y necesidades humanas, para así aportar desde su individualidad, las condiciones para cumplir la meta global del modelo.

### 2.3 Interfaz con el usuario

El modelo, en su interfaz con el usuario, cuenta con numerosas gráficas que muestran la evolución de la población, las tendencias sexuales, los índices de contagio y de drogadicción a través del tiempo, así como también posee diversos monitores que ilustran la cantidad de los diferentes tipos de agentes presentes, el tiempo transcurrido en el modelo, los porcentajes de contagio en los diversos sectores, los grupos cronológicos en que se dividen los agentes, entre otros (Figura 4.).

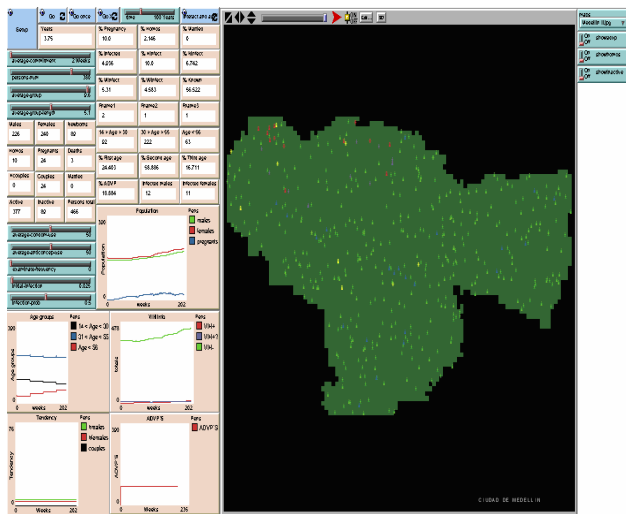


Figura 4. Interfaz del modelo con el usuario.

Por último, cabe señalar que lo fundamental en el modelo creado es su estructura y la forma como se abordaron las relaciones entre los agentes, así que si cierto valor en las probabilidades esta equivocado o simplemente cambia, tan sólo se debe corregir el valor, ya que el esqueleto del modelo está diseñado para simplemente reemplazar un número o una distribución de probabilidad sin afectar las

relaciones entre agentes, garantizando su funcionamiento.

### 3. CONCLUSIÓN

Se considera entonces, que la aplicación de esta herramienta de la ingeniería tiene alta utilidad en las diferentes áreas del conocimiento, ya que su implementación permitiría facilitar las investigaciones de diversos casos, así como su evolución en el tiempo. Además se tiene la certeza que los modelos de simulación de agentes pueden abarcar gran cantidad de temas; desde modelos sociales como el presente, hasta modelos matemáticos de alta complejidad, razón por la cual fomentar su uso es adecuado y benéfico para la innovación en las diferentes áreas y la ayuda que le puede brindar la tecnología a la búsqueda del conocimiento.

La simulación del sistema de enfermedades de tipo, como el VIH, ha permitido entender un poco más el comportamiento de dicha enfermedad, y a la vez, simular escenarios, cuyos resultados son de gran ayuda para la toma de decisiones de los encargados de la salud en las entidades gubernamentales.

La simulación llevó a entender que la enfermedad del VIH, al igual que otras enfermedades de tipo contagio, deben ser estudiadas y analizadas, desde un punto de vista sistémico.

### 4. REFERENCIAS.

- [1] Wilensky, U. (1999). NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- [2] Wilensky, U. (1998). NetLogo AIDS model. [http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/AID\\_S](http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/AID_S). Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.