



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA, CIENCIAS  
DE LA COMPUTACIÓN E INNOVACIÓN  
TECNOLÓGICA**

**CARRERA DE SOFTWARE**

**TÍTULO:**

**MODELO DE TRANSMISIÓN DEL RUMOR BASADO EN AGENTES: SIMULACIÓN  
BASADA EN REDES COMPLEJAS EN UN ENTORNO FÍSICO DEFINIDO.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO DE SOFTWARE**

**AUTOR: JUAN BERNARDO MOSCOSO MATAILO**

**DIRECTOR: DR. ORLANDO ÁLVAREZ LLAMOZA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INFORMÁTICA, CIENCIAS  
DE LA COMPUTACIÓN E INNOVACIÓN  
TECNOLÓGICA**

**CARRERA DE SOFTWARE**

**TÍTULO:**

**MODELO DE TRANSMISIÓN DEL RUMOR BASADO EN AGENTES: SIMULACIÓN  
BASADA EN REDES COMPLEJAS EN UN ENTORNO FÍSICO DEFINIDO.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO DE SOFTWARE**

**AUTOR: JUAN BERNARDO MOSCOSO MATAILO**

**DIRECTOR: DR. ORLANDO ÁLVAREZ LLAMOZA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

# DECLARACIÓN



Universidad  
Católica  
de Cuenca

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

### Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

**Juan Bernardo Moscoso Matailo** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0106820426**. Declaro ser el autor de la obra: **“MODELO DE TRANSMISIÓN DEL RUMOR BASADO EN AGENTES: SIMULACIÓN BASADA EN REDES COMPLEJAS EN UN ENTORNO FÍSICO DEFINIDO”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **23 de octubre de 2023**

F: 

**Juan Bernardo Moscoso Matailo**

**C.I. 0106820426**

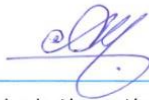
[www.ucacue.edu.ec](http://www.ucacue.edu.ec)

# CERTIFICACIÓN



## CERTIFICO:

Certifico que el presente Trabajo de titulación fue desarrollado por **JUAN BERNARDO MOSCOSO MATAILO** con el título “MODELO DE TRANSMISIÓN DEL RUMOR BASADO EN AGENTES: SIMULACIÓN BASADA EN REDES COMPLEJAS EN UN ENTORNO FÍSICO DEFINIDO”, bajo mi supervisión.



Dr. Orlando Alvarez Llamaza

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, por brindarme la oportunidad de cumplir esta meta y apoyarme en todo el tiempo que tomo lograr este objetivo.

A mi tutor, Dr. Orlando Alvarez Llamaza, por su apoyo y orientación para así lograr el éxito de este proyecto.

Al Dr. Vinicio Santillán y a María José Ayala Bolagay, quienes brindaron sus conocimientos para asegurar la calidad de este proyecto.

A mis amigos y amigas, los cuales fueron un apoyo importante durante todo el tiempo que tomo realizar esta tesis.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres los cuales me brindaron la oportunidad y fueron un apoyo fundamental para lograr esta meta.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DECLARACIÓN .....</b>	<b>I</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE ANEXOS .....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>- 1 -</b>
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	- 1 -
1.2 CONTEXTUALIZACIÓN .....	- 7 -
1.3 PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	- 8 -
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	- 9 -
1.5 ALCANCE .....	- 9 -
1.6 OBJETIVO GENERAL.....	- 10 -
<i>1.6.1 Objetivos específicos .....</i>	<i>- 10 -</i>

<b>2.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>- 11 -</b>
2.1	CONCEPTOS CLAVE .....	- 11 -
2.2	TRABAJOS PREVIOS .....	- 12 -
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>- 15 -</b>
3.1	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO .....	- 15 -
3.1.1	<i>Investigación bibliográfica.....</i>	<i>- 15 -</i>
3.1.2	<i>Incorporación de conceptos teóricos .....</i>	<i>- 16 -</i>
3.1.3	<i>Construcción del modelo.....</i>	<i>- 17 -</i>
3.1.4	<i>Recopilación y análisis los datos.....</i>	<i>- 24 -</i>
3.1.5	<i>Análisis de Interrupción o Mitigación del Rumor.....</i>	<i>- 28 -</i>
3.2	DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE TRANSMISIÓN DEL RUMOR BASADO EN AGENTES	- 29
3.3	REDES COMPLEJAS UTILIZADAS EN LA SIMULACIÓN .....	- 32 -
3.4	DEFINICIÓN DEL ENTORNO FÍSICO UTILIZADO EN LA SIMULACIÓN .....	- 33 -
3.5	DESCRIPCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO .....	- 34 -
3.5.1	<i>El modelo discreto SI.....</i>	<i>- 34 -</i>
3.5.2	<i>Modelo de propagación.....</i>	<i>- 36 -</i>
3.5.3	<i>Análisis de puntos de equilibrio .....</i>	<i>- 37 -</i>
3.5.4	<i>Modelo Estocástico.....</i>	<i>- 37 -</i>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>- 40 -</b>
4.1	RESULTADOS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO “RUMOR” .....	- 40 -
4.1.1	<i>Primera versión del Modelo “Rumor” .....</i>	<i>- 40 -</i>

4.1.2	<i>Segunda versión del Modelo “Rumor”</i> .....	- 42 -
4.1.3	<i>Tercera versión del Modelo “Rumor”</i> .....	- 43 -
4.1.4	<i>Cuarta versión del Modelo “Rumor”</i> .....	- 44 -
4.1.5	<i>Versión Final del Modelo “Rumor”</i> .....	- 46 -
4.1.6	<i>Redes generadas por el modelo</i> .....	- 47 -
4.2	<b>RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES</b> .....	- 50 -
4.2.1	<i>Simulación de “Profesores” como agente iniciador</i> .....	- 50 -
4.2.2	<i>Simulación de “Administrativos” como agente iniciador</i> .....	- 53 -
4.2.3	<i>Simulación de “Trabajadores” como agente iniciador</i> .....	- 56 -
4.2.4	<i>Comparación de las medias de “Profesores” y “Trabajadores”</i> .....	- 59 -
4.3	<b>PROPUESTAS PARA LA MITIGACIÓN</b> .....	- 61 -
4.3.1	<i>Primera propuesta para la mitigación</i> .....	- 61 -
4.3.2	<i>Segunda propuesta para la mitigación</i> .....	- 64 -
	<b>DISCUSIÓN</b> .....	- 67 -
4.4		- 67 -
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>- 70 -</b>
5.1	<b>CONCLUSIÓN SOBRE EL MODELO “RUMOR” Y SU DESARROLLO</b> .....	- 70 -
5.2	<b>CONCLUSIÓN SOBRE LA RECOPIACIÓN Y EL ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	- 71 -
5.3	<b>CONCLUSIÓN SOBRE LA PROPUESTA DE MITIGACIÓN</b> .....	- 72 -
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>- 74 -</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>- 75 -</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>- 80 -</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de las actividades que se llevaran a cabo durante la realización de este estudio.	- 15 -
Figura 2: Red de ejemplo representada en R generada en el modelo bajo las condiciones de la Tabla 3.	- 26 -
Figura 3: Diagrama de flujo de cada agente del modelo de simulación.	- 31 -
Figura 4: Diagrama de flujo del rumor en un contexto físico real.	- 33 -
Figura 5: Interfaz gráfica de la primera versión de modelo "Rumor".	- 41 -
Figura 6: Interfaz gráfica de la segunda versión de modelo "Rumor".	- 43 -
Figura 7: Interfaz gráfica de la tercera versión de modelo "Rumor".	- 44 -
Figura 8: Interfaz gráfica de la tercera versión de modelo "Rumor".	- 45 -
Figura 9: Segunda parte de la interfaz gráfica de la cuarta versión de modelo "Rumor" junto con la terminal donde se muestran los nodos creados y sus características.	- 46 -
Figura 10: Interfaz gráfica de la versión final de modelo "Rumor".	- 47 -
Figura 11: Segunda parte de la interfaz gráfica de la versión final de modelo "Rumor" junto con la terminal donde se muestran los nodos creados, sus características y el primer nodo infectado.	- 47 -
Figura 12: Gráfica del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Profesor como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0.1	- 50 -
Figura 13: Gráfica de la tasa de crecimiento de las simulaciones realizadas con el Profesor como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0.1	- 51 -
Figura 14: Gráfica de línea del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Profesor como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1.	- 52 -
Figura 15: Gráfica de la tasa de crecimiento de la media de las simulaciones realizadas con el Profesor como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1.	- 52 -
Figura 16: Gráfica del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Administrador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.	- 54 -
Figura 17: Gráfica de la tasa de crecimiento de la media de las simulaciones realizadas con el Administrador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.	- 55 -
Figura 18: Gráfica del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Administrador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1.	- 55 -
Figura 19: Gráfica de la tasa de crecimiento de la media de las simulaciones realizadas con el Administrador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.	- 56 -
Figura 20: Gráfica del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Trabajador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.	- 57 -
Figura 21: Gráfica de la tasa de crecimiento de la media de las simulaciones realizadas con el Trabajador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.	- 58 -
Figura 22: Gráfica del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Trabajador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1.	- 58 -
Figura 23: Gráfica de la tasa de crecimiento de la media de las simulaciones realizadas con el Trabajador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1.	- 59 -
Figura 24: Gráfica de la media de las simulaciones con los Profesores como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.	- 60 -
Figura 25: Gráfica de la media de las simulaciones con los Trabajadores como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.	- 60 -
Figura 26: Gráfica de línea de la media de las simulaciones con los Profesores como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1 con una media de difusión de 0,3.	- 62 -
Figura 27: Gráfica de línea de la media de las simulaciones con los Profesores como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1 con una media de difusión de 0,5.	- 63 -
Figura 28: Gráfica de la simulación realizada con la cantidad de infectados en función del tiempo, los profesores como agente iniciador, una influencia del rumor de 1 y la implementación de la capacidad de los Profesores y Administrativos de reducir la influencia del rumor.	- 66 -

*Figura 29: Gráfica de tasa de crecimiento en función del tiempo de la simulación realizada con los profesores como agente iniciador, una influencia del rumor de 1 y la implementación de la capacidad de los Profesores y Administrativos de reducir la influencia del rumor. .... - 66 -*

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Definición de las variables de la función triangular.....</i>	<i>- 21 -</i>
<i>Tabla 2: Valores de las configuraciones iniciales de las redes generadas en el modelo .....</i>	<i>- 24 -</i>
<i>Tabla 3: Valores de la configuración inicial definida bajo la cual se realizaron las diferentes simulaciones -</i>	<i>25 -</i>
<i>Tabla 4: Valores estadísticos de la red de la Figura 2 usada en las simulaciones. ....</i>	<i>- 27 -</i>
<i>Tabla 5: Valores del cálculo de las métricas de la red generada con la configuración 1. ....</i>	<i>- 48 -</i>
<i>Tabla 6: Valores del análisis de varianza de las redes generadas con la configuración 1. ....</i>	<i>- 48 -</i>
<i>Tabla 7: Valores del cálculo de las métricas de la red generada con la configuración 2. ....</i>	<i>- 49 -</i>
<i>Tabla 8: Valores del análisis de varianza de las redes generadas con la configuración 2. ....</i>	<i>- 49 -</i>
<i>Tabla 9: Valores del AUC de las simulaciones con los Profesores como agentes iniciadores tanto con una influencia del rumor de 0,1 como con 1. ....</i>	<i>- 53 -</i>
<i>Tabla 10: Valores del AUC de las simulaciones con los Administradores como agentes iniciadores tanto con una influencia del rumor de 0,1 como con 1. ....</i>	<i>- 56 -</i>
<i>Tabla 11: Valores del AUC de las simulaciones con los Trabajadores como agentes iniciadores tanto con una influencia del rumor de 0,1 como con 1. ....</i>	<i>- 59 -</i>
<i>Tabla 12: Valores del AUC y el máximo de ticks de las curvas de la Figura 24 y la Figura 25 respectivamente. ....</i>	<i>- 61 -</i>
<i>Tabla 13: Valores de el AUC y el numero maximo de ticks de las simulaciones de la figura 27 y la figura 26 respectivamente. ....</i>	<i>- 63 -</i>

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Función para la creación de conexiones entre nodos tomada del modelo “Virus on a network” de la biblioteca de modelos de Netlogo. ....	- 82 -
Anexo 2: Definición de variables para las tortugas y variables globales, además de la incorporación de librerías.....	- 82 -
Anexo 3: Creación de grupos de nodos.....	- 82 -
Anexo 4: Función setup. ....	- 83 -
Anexo 5: Creación del grupo de tortugas g1. ....	- 83 -
Anexo 6: Creación del grupo de tortugas g2. ....	- 83 -
Anexo 7: Creación del grupo de tortugas g3. ....	- 83 -
Anexo 8: Creación del grupo de tortugas g4. ....	- 84 -
Anexo 9: Creación del grupo de tortugas g5. ....	- 84 -
Anexo 10: Asignación de valores de credibilidad a los agentes según su tipo. ....	- 84 -
Anexo 11: Asignación de valores de difusión tanto aleatorio o definido por la distribución triangular.-	84 -
Anexo 12: Imprimir valores de credibilidad, difusión y tamaño de los nodos. ....	- 85 -
Anexo 13: Llamar a la función para crear links y enviar los parámetros de supernodo de origen y de destino.....	- 85 -
Anexo 14: Funcionalidad para elegir iniciador mediante condicionales. ....	- 85 -
Anexo 15: Calcular media de credibilidad de toda la red. ....	- 86 -
Anexo 16: Calcular media de difusión de toda la red. ....	- 86 -
Anexo 17: Obtener valores del primer infectado y calcular la fuerza del rumor. ....	- 86 -
Anexo 18: Generar número aleatorio basado en la distribución triangular. ....	- 86 -
Anexo 19: Imprimir los nodos no infectados. ....	- 87 -
Anexo 20: Imprimir los nodos infectados. ....	- 87 -
Anexo 21: Imprimir el número de links del nodo.....	- 87 -
Anexo 22: Imprimir el punto de intersección de la simulación.....	- 87 -
Anexo 23: Imprimir los valores de credibilidad y difusión del nodo. ....	- 87 -
Anexo 24: Imprimir todos los nodos de origen con los nodos de destino. ....	- 87 -
Anexo 25: Exportar las conexiones a un archivo csv. ....	- 88 -
Anexo 26: Exportar todas las tortugas a un archivo csv.....	- 88 -
Anexo 27: Comprobar si existen vecinos infectados. ....	- 88 -
Anexo 28: Exportar resultados de la simulación tanto el tick como el número de infectados. ....	- 88 -
Anexo 29: Crear links entre los nodos de acuerdo a los valores ingresados en los parámetros.-	89 -
Anexo 30: Inicio de la función “communicate” donde se definen las variables que se van a usar.-	89 -
Anexo 31: Primera parte de las condiciones para la comunicación donde se evalúan los distintos parámetros ingresados en la interfaz gráfica para de acuerdo a eso proceder son un tipo de comunicación. ....	- 89 -
Anexo 32: Segunda parte de las condiciones para la comunicación donde se evalúan los distintos parámetros ingresados en la interfaz gráfica para de acuerdo a eso proceder son un tipo de comunicación. ....	- 90 -
Anexo 33: Conteo de la cantidad de infectados para generar retroalimentación de los infectados en tiempo real durante la simulación y final de la función “communicate”. ....	- 90 -
Anexo 34: Creación de lista con infectados nuevos. ....	- 91 -
Anexo 35: Funciones para el iniciar de la simulación.....	- 91 -
Anexo 36: Resultados de la modelación y simulación de un sistema de difusión de una infección en un modelo SI, Fuente: Antonio Montesinos-López et al, Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas.....	- 91 -
Anexo 37: Efectos de la transmisión del rumor de acuerdo a su impacto. Fuente: Buckner H, American Association for Public Opinion Research A Theory of Rumor Transmission.....	- 92 -
Anexo 38: Resultados de la aplicación de varios mecanismos de mitigación en un modelo SIR de transmisión de rumores, Fuente: Dong S, Huang Y, A Class of Rumor Spreading Models with Population Dynamics.....	- 92 -

## RESUMEN

El presente proyecto se realizó con el propósito de modelar y analizar el comportamiento del rumor en una institución educativa tomando como base la UCACUE. Esto se realiza mediante la creación de un modelo de simulación basado en agentes haciendo uso de la herramienta Netlogo. El modelo es una representación simplificada de un entorno real y las redes complejas que lo conforman. Además, simula la transmisión del rumor a través del tiempo basado en la interacción entre los agentes permitiendo evaluar diferentes escenarios gracias a varias opciones de configuración añadidas en el modelo. A partir de diferentes simulaciones se concluyó que en la transmisión del rumor la mayor cantidad de transmisiones en este tipo de escenarios se da en las etapas iniciales de la propagación. Además, se observó la forma en que varía la propagación dependiendo del tipo de agente que inicie el rumor y la influencia que este tenga. Finalmente se proponen dos estrategias de mitigación basadas en la prevención y la debilitación de la influencia del rumor esto de acuerdo a resultados arrojados por simulaciones de prueba.

**Palabras clave:** *modelación, simulación, rumor, difusión, credibilidad, fuerza del rumor, mitigación.*

## **ABSTRACT**

This project was conducted to model and analyze the Behavior of Rumor in an educational institution based on the Catholic University of Cuenca (UCACUE by its Spanish acronym). It was achieved by designing an agent-based simulation model using the NetLogo tool. The model represents a simplified version of a real environment and its complex networks. In addition, it simulates the transmission of rumors over time based on the interaction among the agents, permitting the assessment of various scenarios through the model's configurable options. Different simulations concluded that in rumor transmission, most occur during the initial stages of propagation. Furthermore, it was observed that the propagation varies depending on the type of agent that initiates the rumor and the influence it has. Finally, two mitigation strategies based on the prevention and weakening of the influence of the rumor are proposed according to results from test simulations.

**Keywords:** *modeling, simulation, rumor, diffusion, credibility, rumor strength, mitigation.*

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Tema de investigación

Desde tiempos inmemoriales, la comunicación ha sido fundamental para la difusión de información, el intercambio de ideas y la construcción de sociedades. De acuerdo con (Tamayo & Rincón, 2017), el fortalecimiento de la capacidad de comunicación de la sociedad civil permite establecer una comunicación que refleja sus puntos de vista, preocupaciones y formas de expresarse. Esto, a su vez, fortalece su capacidad para interactuar tanto a nivel local como global. Por lo tanto, la comunicación orientada al desarrollo desempeña un papel fundamental en la promoción de la reflexión y la conciencia sobre diversos temas que impactan en el desarrollo sostenible de la humanidad. Sin embargo, las comunicaciones significativas para un grupo u organización específicos suelen transmitirse en forma de declaraciones oficiales o se transmiten de manera más informal. Los temas que se discuten de manera informal suelen relacionarse con las actitudes y creencias especializadas de grupos particulares. Este es un entorno social propicio para el rumor y se produce cuando el público está interesado y preocupado por un evento pasado o anticipado, cuando falta información y explicación autoritaria, y cuando los controles sociales relevantes para la situación están fuera del alcance de la mayoría de los miembros del público (Peterson & Gist, n.d.).

En primer lugar, es importante definir qué se entiende por rumor. Según (ALLPORT & POSTMAN, 1945), el rumor está definido como una afirmación que invita a creer en una información actual, careciendo de evidencia sólida y confiable que la respalde. Los rumores pueden abarcar una amplia gama de temas, desde chismes sobre personas hasta noticias falsas que afectan la percepción pública. El estudio de la transmisión de rumores se centra en comprender cómo se originan, cómo se propagan y cómo se modifican a medida que se transmiten de una persona a otra (Firth, 1956) (Festinger et al., 1948).

Es de suma importancia analizar las características de un agente que pueden influir en mayor grado en la propagación de un rumor a través de la red. Según cita (Chorus, 1953) las dos condiciones esenciales para la transmisión de rumores son la importancia y la ambigüedad. A grandes rasgos, la importancia representa el factor emocional y la ambigüedad el factor cognitivo en la propagación de rumores. Uno de los factores emocionales es la credibilidad. Según afirma (Sampio et al., 2014), se puede observar un consenso en el ámbito académico que coloca la credibilidad en el ámbito de lo que se puede percibir, a través de la interacción directa con el objeto o sujeto al que se le otorga credibilidad, ya sea la fuente, el tipo de medio o el mensaje. De este modo, se comprende que la credibilidad no es un concepto de una sola dimensión, sino que abarca la evaluación de la experiencia y también de la confiabilidad, es decir, la integridad en el sentido del ethos retórico, de la fuente que proporciona la información. Por lo tanto, se trata de un juicio en el que entran en juego la competencia profesional y también la dimensión ética. En consecuencia, podemos encontrarnos con una noticia, una fuente o un medio que se perciben como creíbles, dependiendo de la percepción individual e intransferible de los lectores, oyentes o espectadores que se exponen a un determinado medio.

Otro factor relevante en este estudio es la disposición de difusión, es decir, en grado en el cual una persona está dispuesta a transmitir información a otros. Según (Buckner, 1965, p. 58) la orientación que una persona puede tener hacia un rumor es el conjunto de transmisión. En este caso, el contenido del rumor es irrelevante para la persona, su único interés radica en transmitirlo. Un niño pequeño al que se le pide que lleve algún chisme que no entiende bien podría tener un conjunto de transmisión. Esta disposición depende de factores como el interés personal, el carácter del individuo, las presiones del entorno, entre otros. Aunque la credibilidad también puede influir en este factor, para fines prácticos se ha decidido tratarlo como una variable aparte, ya que en la disposición de difusión se consideran aspectos más cercanos a la personalidad del individuo, mientras que la credibilidad está más relacionada con la percepción que los demás tienen de él.

El último aspecto acerca de las características de cada individuo que se aplica en este estudio, concierne a su nivel de interconectividad dentro de la red. Si existe un contacto cercano y continuo entre los miembros de un grupo y cualquiera de los miembros puede ver a los demás sin gran dificultad, se puede llamar un grupo "cercano". No es necesario que este sea un grupo cercano estable, puede ser reunido temporalmente por un desastre natural o ser una multitud. Ejemplos de esto serían el pueblo pequeño, la fraternidad o residencia universitaria, la unidad militar, el hospital psiquiátrico y el grupo cerrado. En cualquiera de estos grupos, es probable que haya un alto grado de interacción de todos modos, y el rumor se propagará de una persona a otra y a menudo volverá a circular. En una multitud, un rumor podría barrer la multitud varias veces y, como resultado, ser escuchado más de una vez por una gran parte de los individuos. Así que en grupos cercanos se pueden esperar múltiples redes (Back et al., n.d., p. 63). Para fines prácticos en el presente estudio este nivel se describe como la extensión de las relaciones interpersonales que el individuo cultiva en su entorno. La configuración de este aspecto está influenciada por varios factores, entre ellos la movilidad del individuo y su propensión a participar en interacciones sociales. El término "movilidad" en este contexto denota el grado en el cual una persona tiende a desplazarse y acceder a diferentes ubicaciones geográficas, facilitando así un mayor contacto con una variedad de individuos. La inclinación a participar en relaciones sociales, por otro lado, está moldeada tanto por los rasgos de la personalidad del individuo como por las demandas sociales y profesionales que su posición pueda requerir.

Por último, se debe considerar un elemento que no guarda una conexión directa con el individuo, y este es la fuerza del rumor. Este concepto aborda la capacidad de un rumor para generar un impacto significativo o para ejercer un nivel de influencia considerable. Se ha observado que la información se difunde de manera muy distinta según el impacto que esta tenga en un grupo determinado de personas. La conclusión a la que llego (Adrien Friggeri et al., n.d.), en su estudio indica que, con regularidad, se difundieron rumores erróneos y se desacreditaron, pero fueron precisamente los rumores verídicos los que adquirieron mayor difusión y desencadenaron las reacciones más amplias. Se ha observado que, a pesar de

que los rumores desacreditados tienden a ser eliminados con mayor frecuencia cuando se comparten, la propagación general de la cascada de información sigue siendo fluida, dado que existen considerablemente más reenvíos sin desacreditar que los que han sido desmentidos. La fuerza del rumor puede variar significativamente según la naturaleza del mensaje, el contexto en el que se difunde y el grupo específico de agentes a quienes va dirigido. Según (Back et al., n.d., p. 64) esta variable es el grado de implicación o interés que el grupo tiene en el tema del rumor. Si el rumor afecta a todo el grupo en su conjunto, es probable que los miembros individuales estén interesados en él. Si el rumor solo afecta a un subgrupo, es menos probable que el interés sea tan generalizado. Cuanto mayor sea el nivel promedio de interés e implicación en todo el grupo, mayor será la motivación para propagar el rumor.

Estos conceptos serán la base sobre la que se realizara la simulación que, según cita (Lozares, 2004), implica fundamentalmente la creación de entornos sociales artificiales que pueden producir resultados similares a los del mundo social real. Esto posibilita su manipulación, ajuste de parámetros y otros cambios, a diferencia de la modelación matemática. No obstante, la simulación no escapa a los riesgos de simplificar, ya que todo modelo es una simplificación utilizada para representar los fenómenos y procesos sociales. En el contexto de la simulación de transmisión de rumores, los agentes son los individuos que participan activamente en la propagación o en la recepción de información de rumores. Cada agente puede tener diferentes características y comportamientos, como su capacidad para transmitir información, su credibilidad percibida, su nivel de influencia sobre otros agentes y su grado de susceptibilidad a creer en los rumores. El análisis de las redes complejas es otro aspecto importante en el estudio de la transmisión de rumores. Una red compleja se refiere a un conjunto de elementos interconectados, donde las conexiones entre los elementos pueden representar diversas relaciones, como relaciones sociales, relaciones de comunicación o relaciones de influencia. Haciendo referencia a (Aldana, 2006), para nuestros objetivos, es suficiente tener en cuenta que una red consiste en un conjunto de nodos interconectados. En la naturaleza, se encuentran diversos tipos de redes, lo que significa que existen varios tipos de nodos y conexiones. Por ejemplo, en una red social, los nodos representan a las personas y las conexiones pueden ser las relaciones

de amistad que existen entre ellas; es decir, dos personas están vinculadas si son amigos. Además, el estudio del ser humano puede abordarse desde la perspectiva de un sistema complejo. En otras palabras, los seres humanos presentan ciertas características asociadas a la complejidad, ya que están formados por diversos elementos que incluyen aspectos biológicos, psicológicos, sociales, emocionales, entre otros. Estos diferentes subsistemas componen la naturaleza individual de una persona, y a su vez, interactúan entre sí, dando lugar a situaciones impredecibles y la posibilidad de originar nuevas dinámicas sociales. Por lo tanto, los comportamientos humanos no pueden predecirse por completo debido a esta interconexión y la emergencia de nuevos fenómenos (Aya-Velandia, 2019).

Para (Yajaira Alpízar-Brenes, n.d.) en el ámbito de la salud menciona que la utilización de modelos matemáticos para simular situaciones permite analizar cómo la aplicación de medidas de control afecta la propagación de enfermedades infecciosas. Esto brinda datos esenciales que facilitan la toma de decisiones para controlar o eliminar dichas enfermedades, así mismo, según (Pino Romero, n.d., p. 103), la utilización de la Simulación Computacional en el campo del Modelamiento Matemático ha ampliado significativamente nuestra capacidad para obtener una comprensión más completa de cómo evolucionan las soluciones con el paso del tiempo. En otras palabras, las simulaciones computacionales nos capacitan para descubrir y examinar la solución del modelo matemático en función de las condiciones iniciales que se ingresen. Para (Buffa, 2015), se puede describir un modelo como una representación de un sistema real que busca principalmente resolver un problema o proporcionar respuestas a preguntas relacionadas con dicho sistema. En líneas generales, el propósito fundamental del proceso de modelado consiste en comprender el funcionamiento, explicar los patrones observados y anticipar cómo el sistema estudiado responderá a posibles cambios. A partir de esto se ha planteado hacer uso de los modelos basados en agentes (MBA) los cuales según (Rodríguez Zoya & Roggero, 2015), son un enfoque de modelado y simulación mediante computación que se utiliza para investigar la estructura y el comportamiento de sistemas complejos. Un MBA representa una comunidad artificial que consta de individuos autónomos y diversos que interactúan de manera significativa entre ellos y con su entorno, siguiendo ciertas reglas predefinidas.

A través de la simulación computacional, se puede explorar en tiempo real la dinámica de estas interacciones entre los individuos y modelar cómo surgen patrones y estructuras en el nivel macro del sistema, los cuales no pueden reducirse a las propiedades individuales en el nivel micro, además, los MBA proporcionan una herramienta que permite la creación de modelos computacionales que describen cómo los agentes se comportan y se relacionan entre sí, así como con su entorno, con el fin de comprender los patrones de comportamiento y la organización que emergen en un sistema. También, capturan las retroalimentaciones que se producen dentro del sistema, lo que facilita la evaluación de cómo el comportamiento individual de los agentes se ve afectado y ajusta en función del funcionamiento global del sistema (Cardoso et al., 2011).

En este caso la herramienta que se usó para crear el modelo fue el software NetLogo el cual, según (Tisue et al., 2004) “es un lenguaje de programación y entorno de modelado multiagente para simular fenómenos naturales y sociales complejos. Es especialmente adecuado para modelar sistemas complejos que evolucionan con el tiempo. Los modeladores pueden dar instrucciones a cientos o miles de "agentes" independientes que operan de manera simultánea, con el fin de explorar las conexiones entre los comportamientos a nivel micro de los individuos y los patrones a nivel macro que emergen de sus interacciones”. Fue creado en el Centro de Aprendizaje Conectado y Modelado Computacional (Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling - CCL) de la Universidad Northwestern, dirigido por Uri Wilensky. Es la última entrega en una serie de entornos de simulación multiagente que incluye StarLogo, que fue desarrollado en el MIT Media Lab por Wilensky y Mitchel Resnick (Sklar, n.d.).

Según menciona (Lytinen & Railsback, 2012), NetLogo es una poderosa herramienta ampliamente utilizada en la ciencia, recomendada especialmente para aquellos que son nuevos en la modelación y la programación, pero también para científicos serios con experiencia en software. Otro aspecto a destacar es lo fácil que resulta su aprendizaje esto debido a que está diseñado para ser accesible a usuarios con diferentes niveles de experiencia en programación. También, dentro de la biblioteca de Netogo

podemos encontrar un modelo denominado RumorMill el cual es un MBA que se enfoca en la transmisión de rumor basado en el contacto entre los agentes. Wilensky señala (U. Wilensky, 1997) que este programa modela la propagación de un rumor. El rumor se propaga en el momento en que una persona que conoce el rumor se lo cuenta a uno de sus vecinos. Dicho de otra manera, la cercanía entre los agentes es un factor que determina el tiempo y la frecuencia con la que un individuo dado escuchará el rumor.

## **1.2 Contextualización**

El contexto social juega un papel importante en la propagación de rumores. La investigación sobre la difusión de información en las redes sociales es un esfuerzo importante que abarca una variedad de preguntas que van desde lo puramente tecnológico hasta la propagación de virus y la difusión de ideas en comunidades humanas (Chierichetti et al., 2011). Según (Alexander & Espinosa, n.d.), las redes sociales se conforman mediante la participación de personas o colectivos que mantienen ciertos vínculos o relaciones entre sí. Ejemplos de estas redes incluyen conexiones amistosas, relaciones comerciales entre ejecutivos de empresas o conexiones familiares que se establecen a través de matrimonios y la descendencia. Por ejemplo, en comunidades estrechamente conectadas, como pequeños pueblos o entornos laborales cercanos, los rumores pueden difundirse rápidamente debido a las relaciones personales cercanas y la confianza entre los individuos. Además, las normas culturales, las creencias y los valores compartidos también pueden afectar la forma en que se perciben y se transmiten los rumores que también pueden ser influenciados por estereotipos y prejuicios culturales existentes. El contexto tecnológico también desempeña un papel crucial en la propagación de rumores en la era digital. Según menciona (Cecilia Castillo Valenzuela et al., 2016), en la era digital actual, Internet se ha convertido en la principal vía para acceder al conocimiento, la información y el entretenimiento. Los avances en las tecnologías de la información y la comunicación han introducido nuevas herramientas y formas de interacción que están dando forma a la evolución de Internet, esto ha provocado que la comunicación personal, frente a frente, este siendo sustituida velozmente por la conexión en las redes. Las nuevas tecnologías de comunicación no solo

influyen en los lazos familiares, afectivos, grupales y laborales, sino que también los guían y controlan (Rodríguez & García Yépez, n.d.). Además, la falta de verificación y la facilidad para crear contenido falso o manipulado también contribuyen a la propagación de rumores en línea. Según (Gallego Ramos & Anazco Ramos, 2020), en el contexto de los medios de comunicación, los rumores no solo son vistos negativamente como opiniones poco confiables que deben ser contrarrestadas o herramientas para tácticas políticas deshonestas. También se perciben como componentes esenciales de las agendas públicas que reflejan inquietudes o metas que deben ser tratadas con seriedad y responsabilidad por parte de los medios de comunicación. Zires (Zires, 1995), afirma que lo primero que deforma a la información es la subjetividad que se manifiesta a través de la disposición a engañar o manipular, una memoria limitada y una serie de necesidades emocionales junto con proyecciones fantasiosas personales, es el factor primordial que altera la información.

### **1.3 Problemática de la investigación**

Los rumores tienen el potencial de generar temor y desconfianza hacia la pluralidad debido a una visión distorsionada de la realidad (Gallego Reinoso, n.d., p. 8) pues el hecho de que esté basado en intereses casi necesariamente le otorga potencialidades destructivas (Firth, 1956). En una comunidad puede causar un gran impacto provocando el cese de sus actividades como lo podemos comprobar en el estudio realizado por (Festinger et al., 1948). También, pueden tener implicaciones económicas y políticas. Por ejemplo, días antes de una elección nacional en un país, a menudo surgen rumores que sugieren que uno de los candidatos lleva una vida inmoral (Buckner, 1965, p. 56), esto puede influir en la opinión pública y en las elecciones. En el ámbito educativo puede tener varias consecuencias significativas como daño a la reputación, ambiente de desconfianza, perjuicio emocional, estrés, etc., tanto para los individuos directamente involucrados como para la comunidad educativa en general.

## **1.4 Justificación**

Como menciona (Gallego Reinoso, n.d., p. 2), los rumores, en el corto plazo, conllevan consecuencias que crean desconfianza hacia ciertos grupos sociales, pudiendo incluso aislarlos. En un plazo medio, generan comparaciones injustas entre diferentes comunidades, dando lugar al resentimiento. Finalmente, a largo plazo, los rumores pueden llevar al rechazo total de un colectivo. En resumen, los rumores fomentan la desconfianza en la sociedad, lo que puede desembocar en la ruptura de la convivencia y la falta de respeto por la diversidad. Esto es un indicio de una sociedad enferma, por lo tanto, es necesario eliminarlos. Además, según describe (Barrios et al., n.d.-a), la propagación de rumores se considera uno de los principales métodos de transmisión de información. Por esta razón, en los últimos años ha habido un creciente interés en la investigación y el análisis de cómo se difunden los rumores. Sin embargo, resultaría intrigante comprender cómo una noticia en general impacta a diferentes grupos que comparten características similares. Comprender los conceptos clave relacionados con la transmisión de rumores y los agentes involucrados es fundamental para desarrollar un modelo efectivo de que simule una red compleja como lo es la social.

## **1.5 Alcance**

Bajo estos conceptos se plantea desarrollar un modelo basado en agentes, mediante el uso de redes complejas, que permitirá simular la dispersión del rumor en un entorno definido con el fin de analizar y comprender la difusión del rumor, en busca de mecanismos que permitan mitigar su propagación o detenerla por completo. Se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta, ¿Cómo las características de cada agente y la “fuerza del rumor” influyen o definen la forma en que se propaga un rumor dentro de un sistema? Además, se investiga si es posible influir en el sistema para detener o mitigar la propagación del rumor, y de ser así, la o las estrategias que podrían implementarse. A través del modelado y la simulación de este sistema de propagación de rumores en un entorno basado en la Universidad Católica de Cuenca, se espera

obtener datos que permitan responder a estas preguntas y proporcionar información valiosa para comprender y abordar eficazmente la propagación de rumores en diversos entornos sociales.

## **1.6 Objetivo general**

- Desarrollo de un modelo dinámico basado en agentes, mediante el uso de redes complejas, para simular la dispersión del rumor en un entorno definido.

### ***1.6.1 Objetivos específicos***

- Establecer un modelo que simule la transmisión de un rumor, mediante modelos basados en agentes para simular dispersiones teóricas.
- Identificar las potenciales vías de transmisión y “cortafuegos” de dispersión del rumor, mediante simulaciones para conocer los mecanismos teóricos de difusión y control.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Conceptos clave

En esta sección se expondrán los conceptos de las funciones y mecanismos que se usaron para la creación y generación del modelo de las cuales algunas de ellas son específicas del lenguaje Logo usado en el programa NetLogo. Según (Ruiz, 1994) “LOGO es un lenguaje modular, está pensado para ser escrito mediante procedimientos (agrupación de sentencias o comandos bajo un mismo nombre), los cuales pueden ser incorporados a otros procedimientos más complejos, simplemente llamándolos por dicho nombre. Esto proporciona una gran riqueza y versatilidad a la programación en LOGO. LOGO es un lenguaje recursivo, esto supone la posibilidad de que un procedimiento se llame a sí mismo, lo que confiere una gran potencia a la programación. LOGO es un lenguaje de micromundos, entendiéndose por estos los distintos entornos o ambientes en los que LOGO puede trabajar. Son programas que proporciona el maestro o el investigador en vistas a fines educacionales concretos, los cuales son difíciles o incluso imposibles de alcanzar con el logical Logo ordinario y comercialmente disponible.” A continuación, se exponen varios conceptos que se incluyen en la estructura del modelo y su creación:

- **Turtles y Breeds:** El código utiliza la notación “breed” para definir los diferentes grupos de agentes a los cuales en este estudio conoceremos como supernodos. Los agentes individuales son llamados "turtles" respetando las notaciones propias del lenguaje LOGO. De esta manera se crean diferentes supernodos y se organiza a los agentes en diferentes categorías.
- **Variables de Turtle:** Se definen y utilizan varias variables específicas para cada agente (turtle). Por ejemplo, la variable “infected?” almacena información sobre si un agente está infectado o no. Otras variables incluyen “size” para el tamaño del agente, “credibilidad” para su nivel de credibilidad y “difusion” para su capacidad de difundir información.
- **Create:** Comando que permite crear diferentes agentes (turtles) en varias posiciones utilizando comandos como create-g1, create-g2, etc. Cada grupo de agentes se coloca en una ubicación específica en la simulación, y se les asignan atributos como forma, color y tamaño.

- **Condiciones y Lógica:** Se emplean estructuras condicionales como "if", "if-else" y bucles como "while" para tomar decisiones fundamentadas en las propiedades de los agentes, o para iterar a través de los agentes o procesos.
- **Repeticiones:** Se utiliza el comando “repeat” para ejecutar acciones repetitivas según el número de veces que deseamos que se ejecute dicha acción.
- **Conexiones:** Conocidos como links dentro de las denominaciones del lenguaje LOGO son los enlaces o conexiones entre los agentes. El código establece conexiones entre diferentes grupos de agentes y de esta manera se crea una red de interacciones entre los agentes.
- **Funciones:** Son procesos o conjunto de comandos que están destinados a realizar tareas específicas dentro del modelo las cuales pueden ser usadas dentro de otras funciones.
- **Tick:** En la simulación, "tick" representa una unidad de tiempo que avanza con cada llamada, cuya duración está sujeta al contexto de la simulación. Esta estructura permite a los agentes llevar a cabo acciones de manera secuencial a medida que el tiempo avanza.
- **Interacción entre Turtles:** El programa itera sobre cada agente ejecutando las ordenes o acciones que hayan definido para cada uno. La iteración se realiza de manera aleatoria, es decir, no sigue ningún orden entre los agentes esto permite una mayor homogeneidad en los resultados.

## 2.2 Trabajos previos

Existen varios trabajos realizados relacionados con el rumor como: Una investigación titulada “TBAM: Towards An Agent-Based Model To Enrich Twitter Data” en la cual “Los investigadores utilizan ampliamente Twitter (un ejemplo de microblogging) para comprender el comportamiento humano, específicamente cómo se comportan las personas cuando ocurre un evento significativo y cómo cambia los patrones de microblogging del usuario.”(Anjum et al., n.d.) Esto mediante la realización de una simulación cuyos resultados luego se usarán para complementar los datos recolectados del mundo real para mejorar la precisión a la hora de detectar eventos.

La investigación “Agent-Based Modeling of Rumor Propagation Using Expected Integrated Mean Squared Error Optimal Design” que tiene como propósito proporcionar una comprensión de los mecanismos que facilitan la gestión de rumores, con el fin de proponer posibles estrategias para mitigar los efectos de los rumores en el entorno laboral. Esto se logra mediante la utilización de un modelo de simulación basado en agentes y la aplicación de la teoría del impacto social para explicar cómo los rumores se propagan en las redes sociales (Tseng & Nguyen, 2020).

También podemos encontrar un estudio titulado “Un estudio dinámico sobre la difusión de rumores” que según (Ulianov & Tejada, n.d.) , está enfocado en el estudio dinámico sobre la difusión de rumores y la acción colectiva. Esto se lleva a cabo mediante el uso de dos enfoques. Uno de ellos se apoya en el empirismo, en el que se desarrollaron modelos estadísticos que facilitaron la comprensión de tres aspectos fundamentales en la propagación de información: la confiabilidad, la difusión y la respuesta ante los rumores. La segunda estrategia consistió en integrar los datos observacionales en un modelo de simulación que posibilitara la interacción entre los actores en un período de tiempo específico con el fin de obtener resultados a nivel global, además de realizar experimentos con diversas estructuras de redes.

Un estudio enfocado en el modelamiento matemático de rumores según su autor (Isea, n.d.), ofrece un enfoque matemático que facilita la comprensión de la propagación de un rumor entre dos conjuntos de individuos. Este enfoque podría utilizarse en el futuro para analizar dos corrientes políticas cuando intentan abordar un problema, así como para examinar cómo se gestiona la misma información en dos medios de comunicación distintos, entre otros usos. Además, se han llevado a cabo estudios en los que se han incorporado modelos que originalmente estaban diseñados para comprender la transmisión de virus y enfermedades contagiosas, y se han adaptado al contexto de la propagación de rumores. Esta integración se debe en gran parte a las similitudes en el comportamiento observado entre la propagación de información no verificada y la propagación de un virus. Estos modelos aprovechan la analogía existente entre los agentes infectados y susceptibles en ambos escenarios. En los modelos de transmisión de virus, los individuos

pueden estar infectados o ser susceptibles a la infección, mientras que, en el contexto de la propagación de rumores, las personas pueden estar influenciadas por el rumor (agentes "infectados") o ser propensos a su influencia (agentes "susceptibles"). La convergencia de estos dos campos permite la transferencia de conceptos fundamentales y técnicas de modelado que se han demostrado efectivos en el estudio de epidemias virales. Conceptos como la tasa de infección y la dinámica de la población pueden ser reaprovechados en el análisis de la dinámica del rumor (Barrios et al., n.d.-b).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Construcción del modelo

La construcción del modelo involucró varias etapas que permitieron obtener como primer avance una visión teórica y conceptual. Posteriormente, se analizó cómo incorporar y representar estos conceptos. Una vez completada esta fase, se procedió a la construcción del modelo utilizando la herramienta NetLogo. Luego se procedió a recopilar los datos generados por la simulación para someterlos a un análisis e interpretación. Finalmente, basándose en los resultados obtenidos, se presentaron soluciones a la problemática previamente planteada. En resumen, el proceso realizado se desglosa de la siguiente manera:

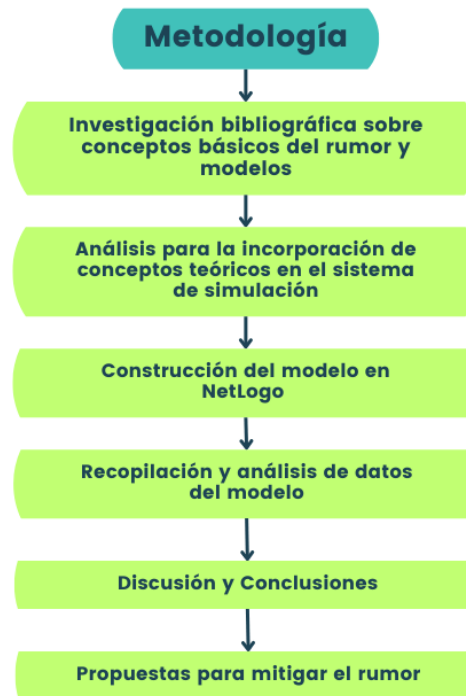


Figura 1: Diagrama de las actividades que se llevarán a cabo durante la realización de este estudio.

##### 3.1.1 Investigación bibliográfica

En primer lugar, se realizó una investigación bibliográfica sobre conceptos básicos del rumor y los modelos para obtener las bases teóricas sólidas sobre las cuales se desarrollará el modelo de simulación. Para

esto se hizo uso de diversas fuentes digitales de varios estudios realizados en el área de la transmisión del rumor y los modelos basados en agentes, también, los estudios relacionados a la transmisión de enfermedades infecciosas y los modelos que se usan para representar este tipo de sistemas fueron de gran ayuda, esto debido a que ambos sistemas tienen un comportamiento similar. De la misma manera se recopiló información sobre los MBA y como estos pueden ser aplicados a distintos aspectos entre los que destacan sistemas de transmisión de enfermedades y transmisión de información.

Esta etapa de investigación permitió definir las bases sobre las que el modelo se construiría de manera que este sea un reflejo fiel de la realidad y permita obtener datos útiles y verídicos. Algunos de los aspectos que se definieron en esta etapa fue el comportamiento y la estructura que debía tener la red, el tipo de modelo que se debía usar, sus características y como se debía dar la comunicación entre cada individuo. También se delimitó el alcance específico que debía cubrir el modelo y que variables debían estar incluidas en este, además de la lógica matemática que define el comportamiento de esta red. Todo este proceso ayudó a definir el modelo y las características que este debía tener en base a los modelos que se analizaron y los requerimientos que el presente estudio presentaba.

### ***3.1.2 Incorporación de conceptos teóricos***

Posteriormente, se estudió la manera en cómo estos conceptos teóricos serían incorporados en el sistema de simulación que, como ya se mencionó, se construyó de tal manera que pueda ser una representación fiel a la realidad, pero en una versión simplificada incorporando únicamente los aspectos más relevantes y determinantes que nos permitan obtener datos reales y concisos además de mantener la simplicidad en el modelo evitando así que este se vuelva complejo y facilitando el análisis de sus resultados. Algunos de los conceptos fueron incluidos de acuerdo al contexto que se deseaba analizar, pero siempre respetando la base teórica. Además, es importante mencionar que muchos de los aspectos del modelo fueron definidos en base a lo que resultaba más práctico para este estudio en específico y a los resultados que se deseaban analizar. Es importante destacar que el modelo se desarrolló siguiendo un proceso de versiones, lo que implica que se construyó a lo largo de diferentes iteraciones, cada una de las cuales introducía nuevas

funcionalidades y perfeccionaba las anteriores. De esta manera, la forma en que el modelo operaba y los fundamentos en los que se basaba experimentaron cambios de acuerdo a las demandas del modelo y los objetivos de la investigación. Por esta razón varios conceptos que fueron tomados en cuenta en las primeras etapas de construcción del modelo pudieron ser eliminados y modificados; de la misma manera la estructura del modelo sufrió varias modificaciones a través del proceso, esto con el fin de conseguir un modelo fiel a lo que se planteó desde un inicio.

### ***3.1.3 Construcción del modelo***

Ya con los conceptos clave definidos se procedió a la construcción del modelo en donde usaremos la herramienta Netlogo que cuenta con una interfaz gráfica que nos permitirá representar un entorno simulado. Ahora, procederemos a explicar el desarrollo de un modelo de propagación de un rumor en una red de agentes. El modelo se compone de una serie de tortugas que representan a los agentes en una red y que pueden comunicarse entre sí siempre que exista una conexión entre estos. Cada tortuga tiene una variable booleana “infected?” que representa su estado de “infección” es decir si ha escuchado o no el rumor. Cuando una tortuga se infecta (escucha el rumor) esta variable se establece en verdadero y la tortuga se vuelve capaz de infectar a otras tortugas que se encuentren conectadas (vecinas). Además de la variable de infección, cada tortuga tiene una variable de credibilidad y difusión. Las variables de credibilidad y difusión representan características propias de los agentes sin embargo el valor de estas es diferente para cada uno de ellos por lo que cada una de las tortugas es única. A la hora de establecer el valor de credibilidad a cada agente se toma en cuenta su cargo el cual definirá la probabilidad de que estos valores tiendan a ser altos o bajos dentro de un rango de 0 a 1. Existen tres categorías en la variable de cargo las cuales son “Profesores”, “Administrativos” y “Trabajadores”, con una alta credibilidad, una credibilidad media y una credibilidad baja respectivamente. Cabe recalcar que la asignación de valores también es una probabilidad; es decir, que cualquiera puede tener un valor de credibilidad alto o bajo simplemente varía la frecuencia de que esto ocurra. En el caso de la difusión este valor será aleatorio para cada tortuga independientemente de su cargo. La credibilidad y difusión son importantes para simular la propagación de un rumor en una red de

agentes, ya que representan la capacidad de las tortugas infectadas para infectar a otras tortugas y propagar el rumor en todo el espacio. Las relaciones de los agentes se ven representadas por la cantidad de conexiones que tiene cada tortuga la cual se puede interpretar como su nivel de movilidad y de contacto con otros agentes.

La propagación del rumor se simula utilizando un conjunto de reglas que se aplican a las tortugas en el modelo, además de la variable global que representa la influencia del rumor. Esta variable representa el nivel de impacto que tiene el rumor en los agentes e influirá en cómo estos actúan en función de sus propias características y el nivel de impacto del rumor, a esto lo llamamos acción de difusión. En cada paso de la simulación, las tortugas se comunican aleatoriamente con otras, y las tortugas infectadas tienen una probabilidad de infectar a las tortugas con las que tienen una conexión por lo que es dependiente del nivel de relación que tiene cada uno de los agentes con otro, así como la movilidad de cada agente (representada de la misma manera por la cantidad de conexiones) y según su nivel de credibilidad y difusión la infección será exitosa o fallida. Es decir, si una tortuga no infectada se encuentra relacionada con una tortuga infectada, la probabilidad de que se infecte depende de la credibilidad y difusión de la tortuga infectada, así como del nivel de impacto del rumor. A continuación, se explica de manera detallada cada una de las secciones y funciones que permiten generar el modelo y la simulación:

#### ***a. Declaración de variable globales y de tipo***

En la primera sección del código se definen las variables globales, es decir, las que se van a usar en varias funciones y las que necesitamos declarar desde el principio. Además, se definen las variables a las que solo pueden acceder las tortugas (agentes) tales como sus características y su estado dentro del modelo. También, tenemos la función “extensions” que permite importar la librería “csv” la cual permite acceder a la función “to-file” que exporta los datos de una lista a un documento csv. Consultar el Anexo 2.

### ***b. Declaración de Turtles y Breeds:***

Como siguiente paso se definen cinco tipos de grupos de agentes llamados g1, g2, g3, g4 y g5. Cada grupo está conformado por agentes denominados pX (por ejemplo, p1, p2, etc). Los tipos "pX" representan individuos específicos, mientras que los tipos "gX" representan los grupos a los que pertenecen. Consultar el Anexo 3.

### ***c. Función `setup`:***

Esta función se encarga de inicializar el modelo y crear la distribución inicial de los agentes en la red según las características que se hayan definido. Consultar los Anexos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

- En primer lugar, se usa la función "clear-all" que se encarga de eliminar cualquier variable, red y plot que se haya creado para proceder a realizar una nueva simulación.
- Tomamos variables globales y les asignamos listas vacías.
- Luego, se crean los agentes de tipo "g1" mediante la función "create-g1" y se les asignan ubicaciones iniciales, forma, colores, tamaños y estado inicial (infected?). Además, se les asigna un tamaño y ubicación diferente a las tortugas dependiendo de su tipo. Se definieron tres tipos de tortugas, "Profesores", "Administrativos" y "Trabajadores". Para las tortugas de tipo "Profesores" se le asigna un tamaño de 3.5 y su ubicación dentro del modelo es la más cercana al centro de cada "supernodo". En el caso de las tortugas de tipo "Administrativos" su tamaño se define en 3 y son las segundas más cercanas al centro del "supernodo". Por último, las de tipo "Trabajadores" tienen un tamaño de 2 y son las más lejanas a centro del "supernodo". Esto se repite para los otros grupos "g2", "g3", "g4" y "g5". La cantidad de tortugas creadas dependerá de los valores que hayamos definido mediante la interfaz gráfica la cual permitirá definir una cantidad específica para cada grupo "gX" y también para cada tipo de tortuga dentro de estos grupos.

- Mediante una condicional a cada tortuga se le asigna un valor aleatorio de credibilidad y de difusión. En el caso de la credibilidad esta condicional evalúa el tamaño de la tortuga y de este dependerá la probabilidad de que los valores que le sean asignados tiendan a ser altos o bajos dentro de un rango de 0 a 1. En el caso de las tortugas de mayor tamaño los valores que se asignara van a tener una mayor tendencia cuando más cercanos sean a 1. Para las tortugas de tamaño medio los valores que se le asignarán tendrán una mayor tendencia mientras más se acerque al valor 0.50. Finalmente, para las tortugas de menor tamaño los valores con más tendencia serán los que se acerquen al 0. Esto se logró mediante el uso de la función “numero-aleatorio” que se explicara más adelante. Para los valores de difusión, estos se generaron aleatoriamente en un rango de 0 a 1 haciendo uso del comando “random-float”.
- Luego, se imprimen los detalles de los agentes de cada grupo para verificar su creación y observar los valores que les fueron asignados.
- Se establecen conexiones entre los agentes según la regla definida en la función “setup-links-s1-dc” que se explicara detalladamente más adelante.
- Mediante condicionales se selecciona el agente que iniciará la “infección” esto mediante un selector ubicado en la interfaz gráfica que permite elegir qué tipo de agente cumplirá esta función. Posteriormente, se evalúa el tamaño de la tortuga y se selecciona una al azar cambiando su estado a infectado y representándolo con el color rojo.
- Se llama a la función “obtener-valores-agente-infectado” que se explicara posteriormente.
- Finalmente, se reinician los ticks con la función “reset-ticks”.

#### ***d. Función “calcular-fuerza-rumor”***

Esta función calcula el valor de la fuerza del rumor tomando en cuenta la credibilidad y la difusión del agente iniciador. Para lograr esto primero obtenemos la tortuga infectada y consultamos el valor de sus características para posteriormente sacar una media de estos valores. Por último, se calcula la media entre el valor obtenido y la influencia del rumor. Consultar el Anexo 17.

***e. Función “numero-aleatorio”:***

Esta función recibe tres parámetros: "a", "b" y "c" siendo el valor mínimo, el valor máximo y el valor de tendencia respectivamente. Se genera un número aleatorio "u" en el rango [0, 1] mediante la función “random-float”. Luego, se calcula "x" utilizando los parámetros proporcionados. La función finalmente devuelve el valor de "x". Esta función usa la distribución triangular (Evans et al., 2000) para realizar el cálculo la cual se define de la siguiente manera:

*Ecuación 1*

$$D(x) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{(x - a)^2}{(b - a)(c - a)} \text{ for } a \leq x \leq c \\ 1 - \frac{(b - x)^2}{(b - a)(b - c)} \text{ for } c \leq x \leq b \end{array} \right\}$$

*Tabla 1: Definición de las variables de la función triangular.*

<b>Símbolo</b>	<b>Definición</b>
a	Valor mínimo.
b	Valor máximo.
c	Tendencia o la moda.
x	Numero aleatorio en el rango [a, b].

Consultar el anexo 18.

***f. Funciones relacionadas con la visualización y exportación de datos:***

Las funciones “obtener-valores-agente-infectado”, “nodos-no-infectados”, “nodos-infectados”, “numero-links-nodo”, “punto-interseccion”, “imprimir-valores-nodo”, “imprimir-nodos”, “write-turtles-to-csv” y “exportar-nodos”, “vecinos”, “exportar-data-list”, “calculate-average-credibility”, “calculate-average-difusion” están destinadas la visualización de información específica acerca del modelo y la

simulación, así como la exportación de estos datos a csv. Consultar los Anexos 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 28.

***g. Función “setup-links-s1-dc”:***

Esta función permite generar las conexiones entre los nodos, es decir, los links. En este caso la función recibe tres parámetros; el primero es la cantidad de links, que se define mediante un deslizador ubicado en la interfaz gráfica, el segundo parámetro define el supernodo de origen y el tercero el supernodo de destino.

Para lograr que las conexiones se generen correctamente definimos una variable llamada “links-created” con un valor de 0 y posteriormente se usa un bucle while que se ejecuta mientras esta variable sea menor al número de links establecidos en el deslizador. Dentro del bucle ordenamos a una de las tortugas elegir a otra del grupo de destino con la cual no tenga una conexión directa y mediante una condicional evaluamos que en caso de que la selección sea diferente de “nobody” (ninguna) se cree un link con la tortuga elegida. Finalmente sumamos uno a la variable de “links-created”. Consultar el Anexo 29.

***h. Función “communicate”:***

Esta función es la parte central de la simulación que modela la propagación de la infección entre los agentes definiendo sus condiciones y permitiendo la interacción entre los distintos agentes de la red. Consultar los Anexos 30, 31, 32 y 33.

- Se almacena el número de infectados en el tick anterior en una lista y, de la misma manera, se guarda en la variable “num-infectados-anterior” el número de tortugas infectadas. Además, se define la variable “vec” que contiene a cualquier tortuga que tenga un vecino infectado.
- Se calcula dos valores decimales aleatorios en un rango [0, 1].
- Mediante una condicional se evalúa si el selector ubicado en la interfaz gráfica llamado “f-iniciador” esta encendido o apagado lo cual devuelve un valor true o false y dependiendo del

resultado se procede a ejecutar una condicional anidada que usa la variable “vec” para evaluar si una tortuga tienen un vecino infectado, en caso de que esto sea verdadero procederá a usar el valor aleatorio generado y lo comparará con la media de los valores de “credibilidad” y “difusión” en donde la condición es verdadera si el valor aleatorio generado es menor que la media resultante, esto permite transformar el valor de las características de los agentes en una probabilidad. Además, dependiendo del valor dado en el selector, en la condicional se procede a evaluar la variable “influencia-rumor” o en caso contrario la variable “fuerza-rumor”. En el caso de la variable “influencia-rumor” esta tomara directamente su valor del deslizador del mismo nombre ubicado en la interfaz gráfica y se evaluara directamente en la condicional. Para la variable “fuerza-rumor” esta toma el valor resultante de la operación realizada en la función “obtener-valores-agente-infectado”. Si estas condiciones resultan ser verdaderas el agente al que se le realizo la consulta pasara a estar en estado infectado y se simbolizara cambiando su color a rojo.

- Luego se verifica mediante una condicional si el número de infectados ha aumentado desde el tick anterior comparando el valor de infectados actual con el valor de “num-infectados-anterior” y se almacena e imprime el tick actual y el número de infectados actual si esta condición se cumple.
- Como siguiente paso, se concatena las etiquetas de los agentes infectados en el tick anterior y en el tick actual para identificar los nuevos infectados.
- Se instancian las listas que contendrán los datos de la simulación con el número de ticks y de infectados que luego se usarán en la función “exportar-data-list”.
- Se crea una variable que guardara el número de tortugas infectadas que luego estarán contenidas dentro de la variable “etiquetas-infectados” que guarda solo las etiquetas de estas tortugas. Posteriormente se llama a la función “concat” y se le envían los parámetros de “etiquetas-infectados-anterior” y “etiquetas-infectados”.
- Llama a la función `punto-interseccion` para verificar si el número de infectados ha igualado al número de no infectados.

***i. Función `concat` y `comunes`:***

En la función “concat” se definen dos listas, “list1” y “list2”, de las cuales se toma el primer ítem de cada una. Luego creamos la variable “g1-sin-comunes” que contendrá los valores de “list2” que no se encuentren en “list1” esto mediante el uso de la función “comunes” la cual recibe dos parámetros y los evalúa con el comando “member?” el cual verifica si el primer parámetro que es un elemento se encuentra dentro de la lista que es el segundo parámetro. Finalmente se imprime el valor de “g1-sin-comunes”. Consultar el Anexo 35.

***j. Funciones `step` y `go`:***

Estas funciones controlan el progreso de la simulación. La función `step` realiza un paso de comunicación y aumenta un tick. La función `go` realiza múltiples pasos de comunicación hasta que todos los agentes estén infectados o se detenga manualmente. Consultar el Anexo 42.

***3.1.4 Recopilación y análisis los datos***

En esta etapa se llevaron a cabo varios procesos; uno de ellos consistió en calcular algunas de las métricas de las redes generadas en el modelo (Barrios et al., n.d.-a). Esto con el fin de observar las características que presentan las diferentes redes que se crean para cada simulación. Para realizar este proceso se definieron dos tipos de configuraciones iniciales las cuales podemos observar en la Tabla 2. Además, se generaron una cantidad de 10 redes por cada tipo de configuración. De cada una de las redes se calculó el grado de sus nodos y se procedió a hacer un análisis de varianza (ANOVA) entre las diez redes generadas de cada configuración inicial.

*Tabla 2: Valores de las configuraciones iniciales de las redes generadas en el modelo*

	<b>Configuración 1</b>	<b>Configuración 2</b>
Número de nodos	60	500

El siguiente proceso consistió en capturar los resultados de las simulaciones para entender cómo se propaga el rumor a lo largo del tiempo en diferentes condiciones. El objetivo principal es comprender cómo la cantidad de infectados varía en relación con la cantidad de ticks de la simulación, considerando diferentes tipos de agentes iniciadores y niveles de fuerza del rumor. Las pruebas realizadas fueron enfocadas en este aspecto por que se procedió a trabajar con los datos que arroja la simulación tales como la cantidad de ticks necesarios para que toda la población se infecte y la cantidad de infectados que existen en cada uno de los ticks, todo esto mediante una configuración del modelo específica en donde se establecieron valores extremos o atípicos para poder observar de una manera más clara el contraste que existe entre los diferentes resultados. Este se divide en las siguientes etapas:

***k. Configuración Inicial:***

Se establecieron los parámetros iniciales de la simulación, incluyendo la cantidad de agentes de cada tipo, la influencia del agente iniciador y la configuración de la red de interacciones entre los agentes. En la Tabla 3 podemos observar más a detalle los parámetros con los que se realizaron las diferentes simulaciones:

*Tabla 3: Valores de la configuración inicial definida bajo la cual se realizaron las diferentes simulaciones*

<b>Fuerza del agente iniciador</b>	
True	
<b>Número total de tortugas</b>	
250	
<b>Numero de tortugas por supernodo</b>	
g1	50
g2	50
g3	50
g4	50
g5	50

<b>Cantidad tipos agentes por nodo</b>	
Profesores	20
Administrativos	15
Trabajadores	15
<b>Numero de links entre supernodos</b>	
100	
<b>Links dentro de supernodos</b>	
50	
<b>Número total de links</b>	
1250	

---

A continuación, se muestra un ejemplo de una red generada en R bajo estas condiciones:

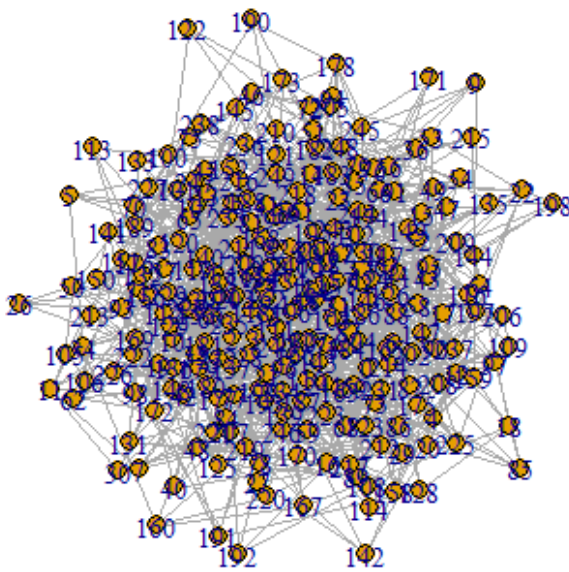


Figura 2: Red de ejemplo representada en R generada en el modelo bajo las condiciones de la Tabla 3.

Tabla 4: Valores estadísticos de la red de la Figura 2 usada en las simulaciones.

<b>Estadística</b>	<b>Valor</b>
Grado promedio	10
Coefficiente de transitividad	0.03531377
Longitud promedio de caminos	2.638361
Densidad	0.04016064

### ***l. Ejecución de las Simulaciones:***

De esta manera los parámetros que se establecieron en cuanto a la estructura de la red fueron los mismos para todas las simulaciones tanto las conexiones como el número de agentes y tipos de agentes por nodo por lo que el aspecto de la movilidad y las relaciones no varía. Los aspectos que se modificaron fueron el tipo de agentes con el que el rumor inicia y la influencia del rumor. También se trabajó usando la fuerza del rumor que, como se mencionó en anteriores secciones, es la media de las características del agente iniciador con el valor de la influencia del rumor. Se realizaron 30 simulaciones en total, dividiéndolas en tres grupos de 10 simulaciones para cada tipo de agente (Profesores, Administrativos, Trabajadores). A su vez, de las 10 simulaciones 5 serán ejecutadas con una influencia del rumor de 0,1 y otras 5 una influencia del rumor de 1.

### ***m. Recopilación de Datos:***

Durante la ejecución de cada simulación, se registró la cantidad de infectados en cada tick. Estos datos se recopilaron y almacenaron para su posterior análisis e interpretación. Los datos de cada una de las simulaciones se exportaron a un documento csv el cual contenía dos columnas, los ticks y la cantidad de infectados.

#### ***n. Visualización de Datos:***

Se generaron gráficos y visualizaciones que representen la cantidad de infectados en función de los ticks para cada tipo de agente y nivel de fuerza del rumor. Mediante el uso de la herramienta R, se procedió a evaluar los datos para así representarlos de manera gráfica de modo que esto facilite la visualización del comportamiento del modelo durante la simulación. Estas visualizaciones permitieron identificar patrones y tendencias de transmisión del rumor.

#### ***o. Análisis de Resultados:***

1. **Efecto del Tipo de Agente:** Se compararon las simulaciones realizadas para cada tipo de agente. Además, se analizó cómo la propagación del rumor difiere entre estos grupos y cómo varía la tasa de infección a lo largo del tiempo.
2. **Efecto de la Fuerza del Rumor:** Se compararon las simulaciones con fuerza de rumor alta y baja para luego examinar si la intensidad del rumor tiene un impacto significativo en la velocidad y la magnitud de la propagación del rumor.

#### ***p. Conclusiones:***

Basándose en el análisis de los datos, se extrajeron conclusiones sobre cómo diferentes factores influyen en la propagación del rumor. Se interpretaron los resultados en relación con la dinámica social y la estructura de la red de agentes.

#### ***3.1.5 Análisis de Interrupción o Mitigación del Rumor***

En esta sección, se abordó el análisis de estrategias de interrupción y mitigación del flujo del rumor en el modelo basado en agentes. El objetivo de esta fase fue explorar cómo intervenir en el flujo del rumor para influir en su propagación y frenar o disminuir su difusión en la red de agentes. Para esto se investigaron

posibles estrategias sobre las cuales se llevarán a cabo simulaciones adicionales para evaluar el impacto de estas estrategias de interrupción y mitigación. Posteriormente, se registraron los datos relacionados con la propagación del rumor en las simulaciones con estrategias de interrupción y mitigación implementadas. Estos datos fueron comparados con los obtenidos en las simulaciones de referencia sin intervenciones y se analizó la cantidad de infectados en función de los ticks. Se evaluó si las estrategias de interrupción y mitigación implementadas han tenido un efecto significativo en la reducción del flujo del rumor y cómo han afectado la dinámica de la propagación del rumor en comparación con las simulaciones de referencia. Además, basándose en los resultados, se discutieron las implicaciones prácticas de las estrategias de interrupción y mitigación en contextos del mundo real y sobre la aplicabilidad de los hallazgos en situaciones donde el control del rumor es de vital importancia, como en la gestión de crisis o la prevención de la desinformación.

### **3.2 Descripción del modelo de transmisión del rumor basado en agentes**

En su etapa final el modelo es una representación simplificada basada en el conjunto de instituciones que conforman la Universidad Católica de Cuenca esto con el fin de estudiar y analizar mediante la simulación el comportamiento de un rumor en este entorno. Para esto se ha llevado a cabo un análisis que nos permitirá definir que agentes, variables y aspectos tendrían un mayor impacto en esta red para incorporarlos al modelo. Todo esto con el fin de lograr un modelo que represente a grandes rasgos, pero de manera fiel el contexto requerido.

En base a esto se establecieron 5 grupos de agentes conocidos como supernodos de los cuales cada uno representarían cinco diferentes instalaciones. Cada supernodo puede contener un número específico de agentes los cuales a su vez están divididos en tres tipos. Los tres tipos de agentes que tenemos representan los cargos que ocupan los miembros de la comunidad educativa con excepción de los estudiantes. Estos cargos fueron definidos como “Profesores”, “Administrativos” y “Trabajadores” ya que dentro de estos se agrupan todos los distintos cargos que podemos encontrar en cada institución. También cada cargo cuenta con tres características específicas que son, la credibilidad, la difusión y la movilidad. La credibilidad y la

difusión son valores que se otorgan al agente de manera aleatoria haciendo uso de una distribución basada en la distribución triangular en el caso de la credibilidad. El uso de esta distribución permite asignar valores aleatorios con cierta tendencia hacia cierto valor concreto. La finalidad de esto es que a cada tipo de agente se le asigne un valor de credibilidad aleatorio, pero con una tendencia específica, por ejemplo, en el caso de los trabajadores ya que su credibilidad debía ser baja los valores asignados podrían tener una tendencia hacia cero esto crea la probabilidad de que la mayoría de trabajadores tenga credibilidad baja pero que aun así tengan la posibilidad de que alguno o algunos sean la excepción lo que permite un mayor acercamiento a un entorno real.

Además, la variable de movilidad y relaciones estará representada por la cantidad de conexiones entre nodos (links) las cuales se pueden modificar dependiendo de la fuerza que se le quiera dar a la conexión entre cada nodo. Estas conexiones se encuentran tanto entre supernodos como en los nodos que se encuentran dentro de este. La estructura de la red se dará de forma aleatoria, es decir, las conexiones entre cada nodo serán al azar siempre respetando el número de conexiones definido. Esto permite que los nodos se conecten entre si independientemente de su tipo.

Dentro del modelo también se encuentra definida la variable “fuerza del rumor” la cual como se mencionó anteriormente representa la intensidad del rumor que en términos reales sería la influencia o el impacto que tiene un rumor en un individuo los cual también influye en como este se comportara a la hora

de transmitir o no un rumor. Esta variable se define al principio de la simulación y dependiendo de la configuración del modelo puede tener el mismo valor para todos los agentes que participan en esta o, por otro lado, se calcula en base a las características del agente iniciador.

Todas estas variables son la cuales delimitaran si el rumor se transmite o no en esa unidad de tiempo esto dependiendo de los valores que adquieran cada uno y de la fuerza que tenga el rumor. De esta manera el flujo de transmisión estaría detallado en la figura en donde observamos que en un principio tenemos a un agente que es el que inicia la simulación (no confundir con el agente iniciador de la infección) que en este caso es un agente al azar no necesariamente infectado, este agente al azar lo determina Netlogo ya que al correr una simulación este itera sobre cada uno de los agentes de forma aleatoria ejecutando los las ordenes en cada uno. Este agente evalúa si es que tiene un vecino que se encuentre en

### Flujo del modelo

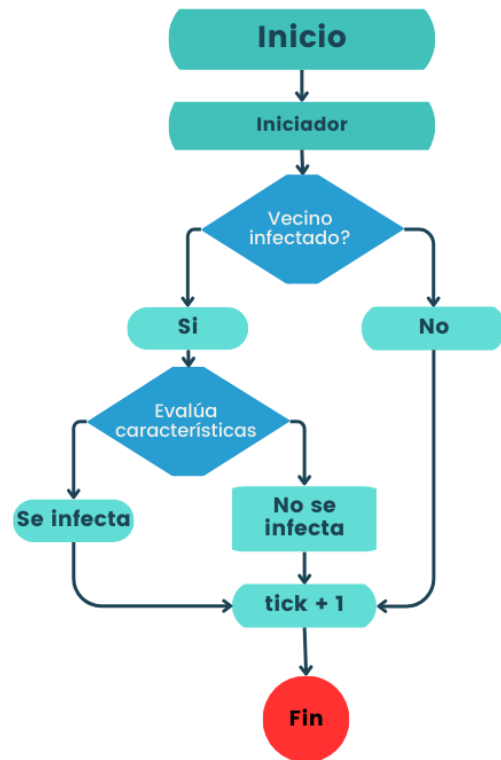


Figura 3: Diagrama de flujo de cada agente del modelo de simulación.

estado infectado, en caso de que sea verdadero procederá a evaluar si se infecta o no en función de los valores de credibilidad y difusión de su vecino infectado, si el resultado es verdadero este pasa su estado a infectado se suma un tick a la simulación y termina el flujo. En caso de que el agente no encuentre un vecino infectado directamente se suma un tick a la simulación y termina el flujo. Si el agente tiene un vecino infectado, pero a pesar de esto no se infecta simplemente se suma un tick y finaliza. Cabe recalcar que este proceso se debe cumplir para todos los agentes antes de que se aumente un tick a la simulación.

### **3.3 Redes complejas utilizadas en la simulación**

En este caso el tipo de red con la que trabajamos está clasificada como una “Red social” y por su tamaño se define como una “Red media” ya que cuenta con un máximo de 500 nodos (Alexander & Espinosa, n.d.). Esta red está definida por los grupos de agentes y sus conexiones que representan las distintas interacciones sociales y de comunicación que existe entre los agentes las cuales son fundamentales para simular la transmisión del rumor y observar cómo se propaga en el entorno definido. Se han creado distintas categorías de agentes, como g1, g2, g3, g4 y g5, cada una de las cuales cuenta con subcategorías específicas, como p1, p2, p3, p4 y p5. Dentro de cada una de estas categorías también encontramos los distintos grupos de individuos antes mencionados cada uno con características y roles particulares.

Además, mediante el uso de una función se establecen las conexiones entre los agentes de estas diferentes categorías. Esta función se basa en una cantidad de conexiones específica, creando así una estructura de red compleja que refleja las interacciones sociales y las relaciones de comunicación existentes en el entorno simulado las cuales se dan de manera aleatoria entre los distintos tipos de agentes. Al utilizar las redes complejas, se ha logrado capturar la complejidad de las interacciones sociales en el modelo de transmisión del rumor. Estas redes permiten visualizar y analizar cómo la información se propaga a través de los agentes y cómo se transmiten los rumores en el entorno definido.

### 3.4 Definición del entorno físico utilizado en la simulación

El entorno físico está definido por el contexto real que el modelo pretende representar tomando como ejemplo la Universidad Católica de Cuenca, una unidad educativa que está dividida en varias instalaciones ubicadas en diferentes lugares de la ciudad de Cuenca. Cada una de estas instalaciones tiene una cantidad diferente de personal en donde cada uno de los individuos está conectado entre sí en mayor o menor medida esto dependiendo de su rol en la institución o también de su personalidad. Esta última característica provoca que el sistema sea bastante impredecible ya que es difícil definir como una persona actuara frente a distintas situaciones debido a que la personalidad es una característica difícil de analizar.

Por esto se realizó una síntesis de este sistema complejo para poder representarlo en un modelo, de esta manera el proceso de difusión del rumor para este estudio estaría representado por la Figura 4. Podemos observar que en el diagrama de flujo existe un iniciador que representa la persona que da inicio al rumor en donde al dar inicio a la transmisión elige un receptor. Este receptor, en base a las características que presente el emisor evaluara si transmite o no transmite el mensaje. En caso de que su resolución sea transmitir, este elegirá un receptor y el proceso se vuelve a repetir. En caso de que su decisión sea no transmitir este seguirá recibiendo el mensaje hasta que tome la decisión de transmitir. Esto quiere decir que de acuerdo a este diagrama todos los individuos que tengan una conexión tarde o temprano resultaran infectados lo que varía es el tiempo en que lo hacen. Además, un factor que añade complejidad es la tecnología ya que está a modificado completamente en cómo se relacionan los individuos y como la sociedad afronta una situación dada debido a que ha facilitado el acceso y difusión de la información esto, además, hace que ya no sea

#### Flujo del modelo

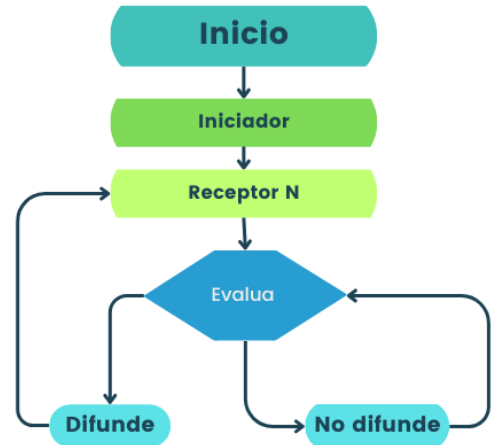


Figura 4: Diagrama de flujo del rumor en un contexto

necesario un contacto físico con otra persona para transmitirle información. Por esto; cuando se trata de estudiar cómo se comporta un sistema de este tipo frente a una situación particular, es importante definir qué factores son los más representativos e influyentes en el sistema ya que es imposible acaparar todas y cada una de estas variables.

Como se mencionó, se han definido tres tipos de agentes: los trabajadores, administrativos y profesores, que son los tres principales roles que se encuentran dentro de la institución y los que más participan y se relacionen entre sí. Los trabajadores comprenden los distintos puestos de trabajo enfocados en el mantenimiento de la infraestructura, la seguridad, el staff, etc., los administrativos abarcan los puestos de gestión y administración de las diferentes secciones y aspectos de cada institución. Por último, los profesores representan todo el claustro de cada institución que además también suelen cumplir roles de gerencia o decanato. De esta manera tenemos a los principales actores dentro del entorno, cada uno con características diferentes de acuerdo a su rol. Las características que definen a cada individuo son su credibilidad, probabilidad de difusión y movilidad ya que estas son las que afectan en mayor medida a la hora de transmitir información, específicamente un rumor. A pesar de que existen muchas otras variables que podrían modificar como un rumor se transmite dentro de un conjunto de personas las tres variables antes mencionadas cumplen con los requisitos de significancia, representatividad, no redundancia, compatibilidad y no colinealidad. Además, se procuró no incluir demasiadas variables en el modelo ya que esto aumentaría su complejidad y dificultaría el análisis de los datos.

### **3.5 Descripción del modelo matemático**

#### ***3.5.1 El modelo discreto SI***

Para (Amster, n.d.) “El SIR es un modelo de los llamados compartimentales, pues supone que la población se divide en compartimentos, que en este caso son tres: Susceptibles, Infectados y Recuperados. Pero no se trata –por emplear un lugar común– de compartimentos estancos, sino que los individuos se mueven de un grupo a otro, generando una dinámica que nos interesa analizar, ya que determina cuántos infectados habrá, cuándo se produce el famoso "pico", etc”. En el caso del modelo discreto SI este resulta

ser un tipo de modelo más simple que el que se cita anteriormente pues en este solo se toman en cuenta dos de los tres compartimentos mencionados que son Susceptible e Infectado. La descripción del Modelo Matemático Epidemiológico Básico de Susceptibles e Infectados implica que la interacción entre las personas susceptibles y las personas infectadas puede dar lugar a la propagación de una epidemia causada por una enfermedad infecciosa (Pino Romero, n.d.).

Este tipo de modelos son una herramienta matemática ampliamente utilizada para analizar la propagación de enfermedades infecciosas en una población. Como se menciona anteriormente, en este modelo, se consideran dos grupos de individuos: los susceptibles (S) y los infectados (I) por lo que resulta más práctico al aplicarlo en el contexto de este estudio. Esto debido a que en el estudio de una enfermedad esta resulta ser más medible en cuanto a sus métricas ya que los estados de los agentes son más fáciles de categorizar en cada una de sus etapas, en cambio, cuando tratamos con un contexto social como la transmisión del rumor categorizar variables como la de Recuperados en vez de agregar valor al modelo tal y como está planteado le resta realismo ya que no se puede definir en qué momento una persona está libre o no de la influencia de un rumor o si en algún momento lo está.

Aunque, tradicionalmente se ha empleado para estudiar la transmisión de virus y enfermedades, el modelo discreto SI puede ser adaptado para analizar la difusión de rumores en donde según menciona (Dong & Huang, 2018) en su estudio enfocado en las redes sociales en línea “Los nodos saludables S son (el número de) aquellos usuarios de la red que no están bajo la influencia de algún mensaje de rumor en algún momento, y los nodos de transmisión I son (el número de) aquellos usuarios de la red que están bajo la influencia de algún mensaje de rumor en algún momento, de manera que participan en la propagación del mensaje. Estos dos tipos de usuarios de la red conforman la población total de usuarios de la red en la red social en línea,  $N(t) = S(t) + I(t)$ . Observamos que también tenemos  $0 \leq S(t), I(t) \leq 1$ ”.

Similar a la propagación de una enfermedad, en este estudio la transmisión de rumores en el modelo discreto SI se basa en el número de contactos entre los individuos infectados y susceptibles. Cuantas más personas estén al tanto del rumor, mayor será la probabilidad de que más individuos lo escuchen y se

conviertan en portadores del mismo. Una ventaja de utilizar el modelo discreto SI en el estudio de la propagación de rumores es su simplicidad y facilidad de implementación. Además, permite obtener una visión general de cómo se difunde la información y cómo se expande en una comunidad. No obstante, es importante reconocer las limitaciones del modelo en este contexto. A diferencia de una enfermedad infecciosa, los rumores pueden ser influenciados por factores sociales, culturales y psicológicos, lo que puede afectar la dinámica de su propagación. Además, la transmisión de rumores no siempre se limita a un esquema de infección directa, ya que pueden ser amplificados o modulados por medios de comunicación y plataformas digitales.

### ***3.5.2 Modelo de propagación***

Para describir la dinámica de transmisión de rumores, utilizamos ecuaciones diferenciales, que expresan cómo cambian las poblaciones de susceptibles e infectados en función del tiempo (por ejemplo, ticks o pasos de tiempo).

Según cita (Salvador Valdez Martínez et al., n.d.) “en el modelo Susceptible-Infectado (SI) se asume que, en una comunidad con  $n$  individuos, el número de individuos en estado susceptible  $S(t)$  entran en contacto directo con el número de individuos en estado infectado  $I(t)$  quienes pueden contagiar o cambiar a estado infeccioso con una velocidad de infección  $\beta$  a los individuos en estado susceptible. Y el número total de individuos  $n$  será igual a la suma del número de individuos en estado susceptible  $S(t)$  más el número de individuos en estado infectado  $I(t)$ ”. El modelo planteado en este estudio es un modelo SI discreto en el tiempo (Brauer et al., 2010) por lo que tiene la siguiente dinámica:

*Ecuación 2*

$$S_{k+1} = S_k G_k$$

*Ecuación 3*

$$I_{k+1} = S_k [1 - G_k]$$

$$G_k = \exp(-\beta I_k)$$

En donde S son el número de susceptibles e I el número de infectados. El valor de  $\beta$  representa la probabilidad de que un agente se infecte por lo que también define la velocidad de la infección. Esta probabilidad está dada por las características individuales de cada agente y la fuerza del rumor. Los pasos o unidades de tiempo se definen como  $k$  siendo G una fracción de susceptibles en el tiempo  $k$ .

### ***3.5.3 Análisis de puntos de equilibrio***

Uno de los análisis en la parte matemática del modelo discreto SI es el estudio de los puntos de equilibrio los cuales obtendremos igualando a cero las ecuaciones del sistema lo que se traduce  $dS/dt = dI/dt = 0$ . La presencia de los puntos de equilibrio en el Modelo Epidemiológico debe asegurar que no haya valores negativos, ya que se está describiendo poblaciones. Estos puntos corresponden a las condiciones en las cuales la propagación del rumor se mantiene constante y no experimenta cambios en el transcurso del tiempo (Pino Romero, n.d., p. 51).

El modelo discreto SI tiene dos puntos de equilibrio principales:

1. Punto de Equilibrio Trivial ( $S = 1, I = 0$ ): Cuando no hay individuos infectados, toda la población es susceptible al rumor. En esta situación, el rumor no se propaga y se mantiene estable con  $S = 1$  y  $I = 0$  (Pino Romero, n.d., p. 52).
2. Punto de Equilibrio No Trivial ( $S = 0, I = N$ ): En este punto, todos los individuos de la población están infectados, lo que indica que el rumor ha sido completamente difundido y afecta a toda la comunidad (Pino Romero, n.d., p. 53).

### ***3.5.4 Modelo Estocástico***

Según (Antonio Montesinos-López et al., n.d., p. 220), en un modelo estocástico, no es factible ejercer control sobre los factores que inciden en el estudio del fenómeno, y por lo tanto, no produce

resultados simples y únicos. En lugar de ello, cada uno de los resultados potenciales se derivan a través de una función de probabilidad que asigna una probabilidad a cada uno de ellos. Por ejemplo, en un modelo diseñado para predecir el tamaño de una epidemia en una población de  $N$  individuos, el enfoque determinístico proporcionaría un valor único,  $C$ . Por contraste, el modelo estocástico permite una gama de resultados, desde cero hasta  $N$  individuos, y asigna una probabilidad específica a cada uno de estos escenarios. Este tipo de modelo se considera estocástico ya que involucra elementos de aleatoriedad en la toma de decisiones de los agentes y en la dinámica de la red. A continuación, se explican algunos aspectos que otorgan aleatoriedad al modelo:

- **Aleatoriedad en la Infección Inicial:** En la función “setup”, se selecciona aleatoriamente un agente para iniciar la propagación del rumor. La elección de qué agente se infecta primero está sujeta a una aleatoriedad ligada a la manera a como el software empleado ejecuta los diferentes comandos para agentes de forma aleatoria, esto hace que el inicio de la propagación sea estocástico.
- **Probabilidad de Propagación:** Dentro de la función “communicate”, se calcula una probabilidad de que un agente infectado transmita el rumor a sus vecinos no infectados. Esta probabilidad se basa en las características del agente infectado y valores aleatorios (random-val1 y random-val2). La decisión de si un agente se infecta en un paso de tiempo determinado depende de eventos aleatorios.
- **Punto de Intersección:** El modelo verifica si el número de agentes infectados ha aumentado en relación con el paso de tiempo anterior. Si esto sucede, se marca un "punto de intersección". La ocurrencia de este evento está sujeta a la aleatoriedad en la propagación del rumor y en la toma de decisiones de los agentes.
- **Selección de Vecinos Infectados:** La función “communicate” selecciona aleatoriamente un vecino infectado para intentar transmitir el rumor. Esta elección está sujeta a la aleatoriedad, ya que depende de la aleatoriedad en la topología de la red y la selección de vecinos.

- **Valores de credibilidad y difusión:** Dentro de la función “Setup” se otorgan los valores de credibilidad y difusión a cada uno de los nodos mediante el uso de la distribución triangular y la generación de valores aleatorios en un rango de 0 a 1.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Resultados de la construcción del Modelo “Rumor”**

En un primer análisis, se expondrán los resultados obtenidos a lo largo del proceso de desarrollo del modelo y la ejecución del código base. Se detallarán de manera secuencial todas y cada una de las iteraciones o fases que el modelo experimentó durante su evolución hasta alcanzar el resultado definitivo. Además, se brindará una explicación de las diversas funcionalidades incorporadas en cada una de estas etapas y cómo contribuyeron a la evolución del modelo hacia su estado final.

#### ***4.1.1 Primera versión del Modelo “Rumor”***

En una primera versión tenemos el modelo “Rumor” que muestra una red simple que sirve como base de lo que será el modelo a futuro. Aquí ya podemos observar los elementos básicos que nos permitirán interactuar con el modelo para posteriormente ir agregando las demás funcionalidades. Como primer punto tenemos tres botones llamados Setup, Step y Go que son los que van a permitirnos iniciar y ejecutar la simulación. También vemos que la versión inicial ya cuenta con los 5 grupos de agentes a los que conoceremos como supernodos los cuales se mantendrán hasta el modelo final. Además, contamos con únicamente un tipo de agente en cada supernodo, de los cuales podremos variar su cantidad mediante un conjunto de deslizadores con la denominación “number-turtle-zX” que nos permitirá definir un número entre 0 a 100 agentes para cada uno de los supernodos. También, tenemos otro deslizador llamado “average-node-degree” el cual nos permite definir la densidad de conexiones en la red esto mediante una función matemática que se basó en la usada en el modelo “Virus on a Network” (F. Stonedahl & U. Wilensky, 2008) que se encuentra dentro la biblioteca de modelos de Netlogo. Con esta función se logró crear un número de conexiones en función de la densidad de los nodos. Consultar el Anexo 1.

Finalmente, tenemos algunos “Monitores” los cuales presentan información relevante tanto numérica como gráfica. En este caso, presentan la cantidad de agentes infectados en tiempo real de la simulación, la cantidad de conexiones existentes en la red y una gráfica que muestra el desarrollo de la

simulación en donde el eje  $x$  representa el tiempo en ticks y el eje  $y$  representa la cantidad de agentes infectados.

Para la comunicación entre agentes se usa una condicional simple que describe que si un agente con un estado de Susceptible está relacionado con un agente con estado Infectado directamente el primero cambie su estado a “Infectado”. Una de las problemáticas a resolver en esta etapa fue el surgimiento de colapsos en la generación de la red esto debido a la incompatibilidad entre la cantidad de nodos y la cantidad de links que se podían generar en ciertos casos, esto ya que la cantidad de links que se pueden generar está delimitada por la cantidad de nodos existentes. Además, sucedía algo parecido el caso opuesto en donde la cantidad de links es insuficiente con respecto a la cantidad de nodos por lo que varios nodos se quedaban completamente aislados, cuestión que en esta versión se solucionó estableciendo que todos los nodos deben tener al menos una conexión con otro. Esto se eliminó en las próximas versiones debido a que se consideró más factible permitir que existan nodos que puedan estar aislados de la red con el fin de darle más flexibilidad al modelo en el caso de que se quiera plantear un contexto en donde el número de conexiones sea bastante bajo.

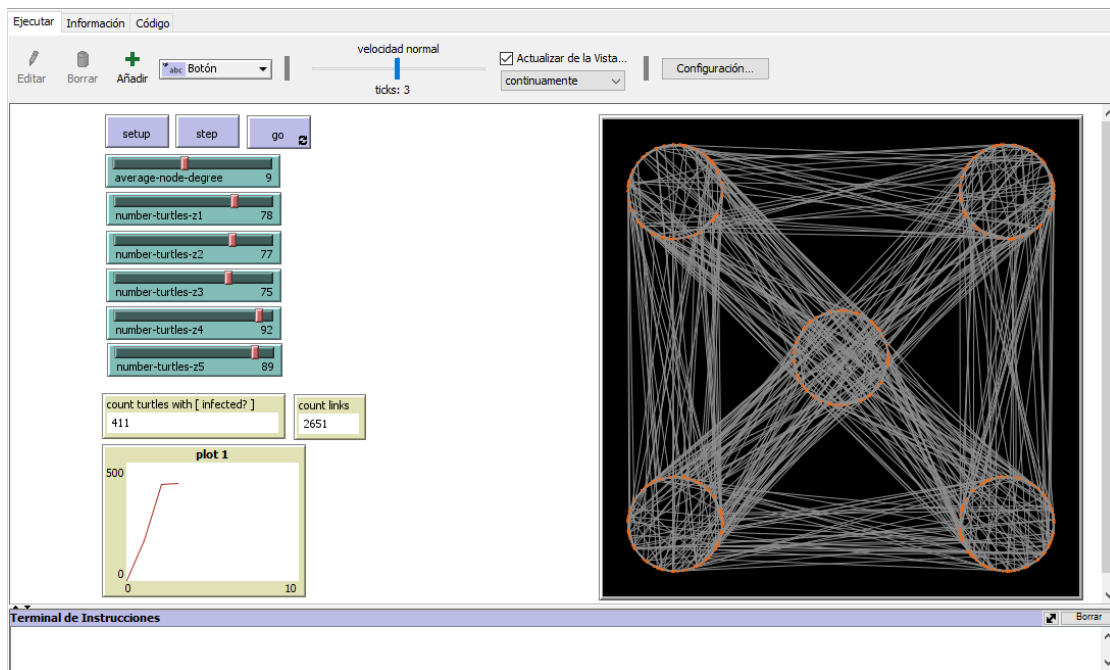


Figura 5: Interfaz gráfica de la primera versión de modelo "Rumor".

A continuación, se describirá de manera detallada las funciones esenciales que conforman la interfaz:

- **Setup:** Permite inicializar la red de acuerdo a las características que hayamos definido. Cabe recalcar que al usar esta función cualquier red previa se elimina para dar paso a una nueva. Además, siempre que generemos una nueva red por defecto se asignará a cualquier agente la cualidad de infectado que será representado por el color naranja que en próximas versiones se cambiaría a rojo.
- **Step:** Este botón da inicio a la simulación avanzando en un tick de tiempo.
- **Go:** La función de este botón es similar a la de Step, su particularidad es que este se ejecuta continuamente, es decir, realiza ticks hasta que se cumplan dos condiciones; si todos los agentes se encuentran infectados o en ciertas situaciones específicas donde sea necesario pararlo manualmente.

#### ***4.1.2 Segunda versión del Modelo “Rumor”***

En la segunda versión del modelo se incorpora el concepto de tipo de agente el cual estará diferenciado por su tamaño y ubicación dentro del modelo. Contamos con tres tipos de agentes en cada uno de los supernodos. Estos tres tipos de agentes constan de uno central que es de mayor tamaño, 4 nodos de tamaño medio que rodean al central, y un número variable de nodos pequeños, esto según la cantidad de nodos que se haya definido. Estos tres tipos de nodos representarían en la simulación los cargos de Profesor, Administrativo y Trabajador en ese orden.

Además, se incorpora una condicional en la función que permite la comunicación entre los agentes; esto se realizó en forma de prueba para la futura inclusión de las variables principales de difusión y credibilidad. Esta condicional evalúa una probabilidad del 80% de que los nodos centrales puedan transmitir la infección de forma exitosa para de esta manera analizar de qué manera influye este cambio en los resultados y definir si es la forma más efectiva de incluir estas variables. A pesar de que no se vieron diferencias notorias en el comportamiento del modelo se observó un pequeño aumento en el tiempo (ticks) que le tomaba a la red esparcir el rumor.

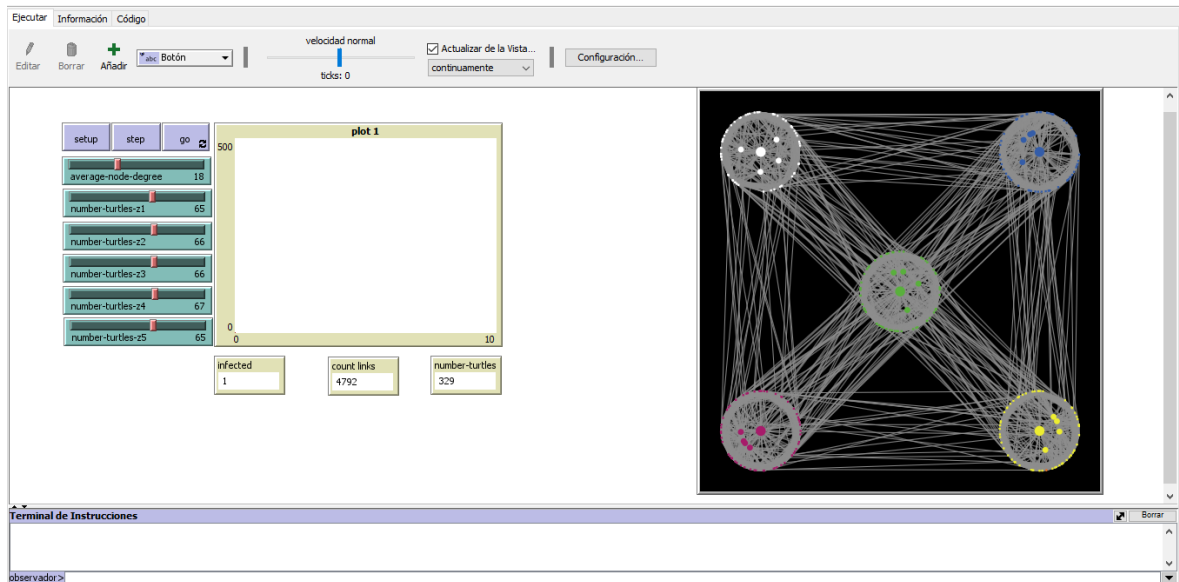


Figura 6: Interfaz gráfica de la segunda versión de modelo "Rumor".

#### 4.1.3 Tercera versión del Modelo "Rumor"

En la tercera versión del modelo se han incluido funciones que complementan algunas ya añadidas con anterioridad. Este es el caso de la función agente-iniciador la cual no vas a permitir definir en cuál de los tres tipos de agentes deseamos que inicie el rumor. Además, se han añadido varios deslizadores que nos van a permitir definir el número de conexiones que van a existir entra cada uno de los supernodos. Otro aspecto importante es que en este modelo se incorpora una idea más completa sobre las condiciones para la transmisión del rumor, es decir, se otorga una probabilidad de transmitir el rumor a cada uno de los nodos dependiendo de su tipo. De esta manera para los nodos de mayor tamaño la probabilidad se mantiene en un 80%, para los nodos medianos la probabilidad es de 70% y para los nodos más pequeños la probabilidad es de un 50%. Cabe recalcar que este método es temporal ya que si bien define de cierta manera como se desea que se dé la comunicación entre los nodos, si queremos un entorno más cercano con la realidad no podemos dar valores absolutos para todo el conjunto de agentes además hay que recordar que se desea que cada uno de los individuos presenten características únicas. Algunos de los aspectos a destacar de esta etapa es que se vio la necesidad de añadir más monitores que permitan visualizar información precisa del modelo para

esta manera controlar y comprobar que todo se está ejecutando según lo planeado. Algunos de los datos que se presentan son el número de infectados, el número de links, el número de tortugas, etc.

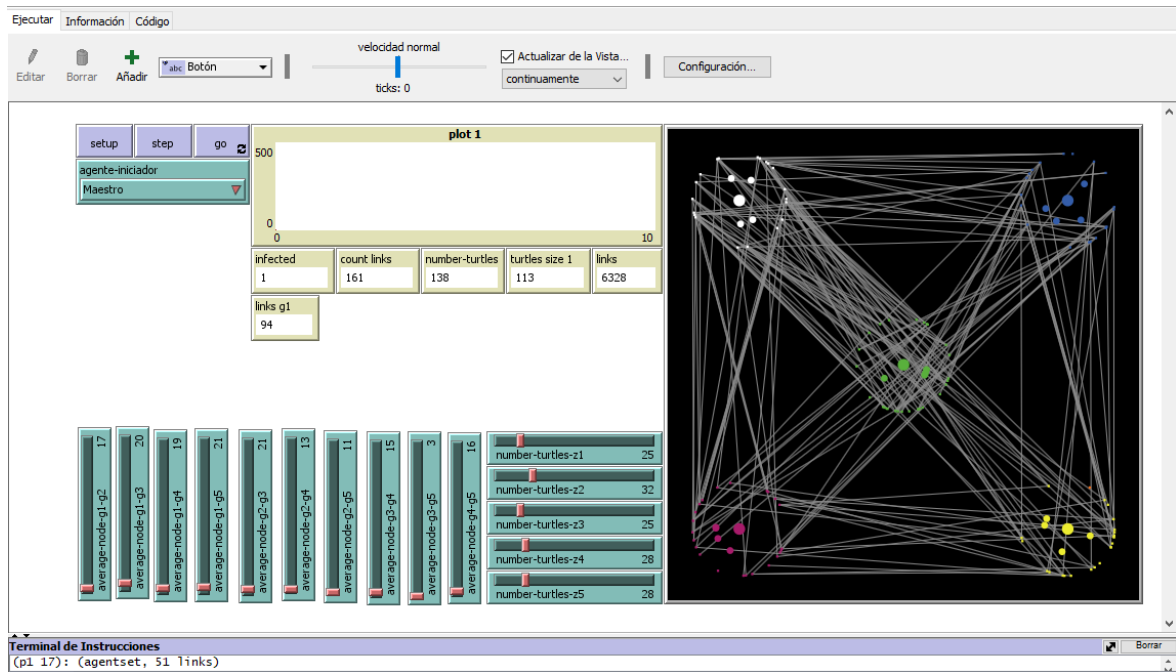


Figura 7: Interfaz gráfica de la tercera versión de modelo "Rumor".

#### 4.1.4 Cuarta versión del Modelo "Rumor"

En la cuarta versión se modifica la presentación gráfica de la red de manera que permita una mejor visualización de las conexiones existentes entre los supernodos. También se modifica la generación de agentes ahora permitiendo definir la cantidad de cada uno de los tipos de agentes que queremos colocar en cada supernodo mediante deslizadores en donde primero definimos la cantidad total de nodos de un supernodo, luego seleccionamos la cantidad de esos nodos que van a ser de tipo "Profesores" luego los "Administrativos" y los restantes son definidos automáticamente como "Trabajadores". Además, ahora también es posible definir la cantidad de conexiones que queremos entre los agentes de un mismo supernodo. También, se añade una función que permite imprimir en la Terminal la cantidad de conexiones de un nodo específico. Anteriormente se añadieron varios deslizadores que permitían definir la cantidad de conexiones que deseamos establecer entre cada uno de los tipos de agentes de cada uno de los supernodos.

Esta idea se desechó por fines prácticos ya que esto volvía más complejo al modelo y no otorgaba una funcionalidad lo suficientemente amplia.

El aspecto más importante de esta versión es la incorporación de las características de cada agente que consiste en asignar un valor aleatorio entre 0 y 1 a ambas características de cada uno de los agentes como se muestra en la Terminal de Instrucciones de la Figura 9. Este valor se asigna en el momento en que la red se construye y a pesar de que como se mencionó los valores asignados son aleatorios, dependiendo del tipo de agente este tendrá una probabilidad de adquirir valores más altos o más bajos esto con el fin de añadir una capa de diferenciación entre los tipos de agentes, pero sin tener que depender de valores absolutos. Esto se logró gracias al uso de la distribución triangular la cual permite generar valores aleatorios en un rango específico en donde mientras más se acerque a un valor definido más probable es que ese valor se genere; esto explicado desde un punto de vista práctico para entender su función en el modelo.

Con este proceso conseguimos generar agentes únicos entre sí, pero con características similares dependiendo del tipo al que pertenezcan y que de esta manera representen de manera lo más fiel posible un conjunto de individuos reales. Por último, el proceso de comunicación entre los agentes ahora está definido por los valores de credibilidad y movilidad (posteriormente se corregiría la denominación a difusión) los cuales son sometidos a una condicional en donde se evalúa la probabilidad de transmitir un rumor en base a estos valores.

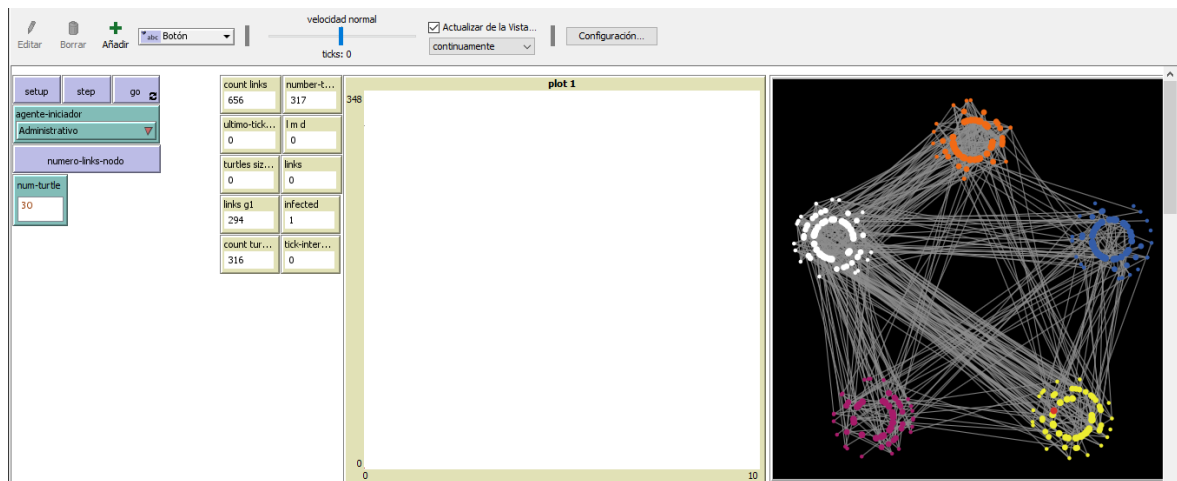


Figura 8: Interfaz gráfica de la tercera versión de modelo "Rumor".

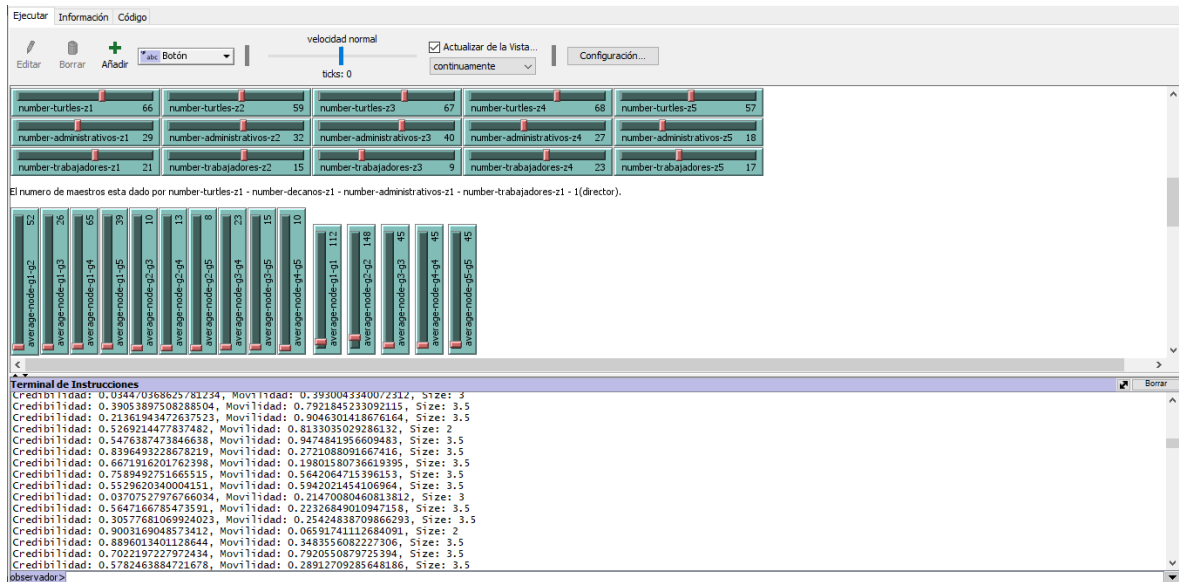


Figura 9: Segunda parte de la interfaz gráfica de la cuarta versión de modelo "Rumor" junto con la terminal donde se muestran los nodos creados y sus características.

#### 4.1.5 Versión Final del Modelo "Rumor"

Finalmente, en la última versión del modelo se incorporan varias funciones complementarias que permitirán obtener datos más precisos y específicos tanto del modelo como de cada uno de sus nodos y exportarlos a un documento csv para facilitar su análisis. Como puntos adicionales cabe mencionar que el término maestro fue sustituido por profesor y la variable movilidad fue sustituida por el término difusión esta para mantener la lógica y coherencia con los conceptos sobre los cuales nos estamos basando. Además, se tomó la decisión de modificar la generación de valores para la variable de difusión por lo que desde ahora esta será totalmente aleatorio en un rango de [0,1] sin discriminación por cargo.

Como punto más importante de esta última versión tenemos la incorporación de la variable "Fuerza-rumor" que es la media entre los valores del agente iniciador y la influencia del rumor, variable que se define mediante un deslizador añadido en la interfaz gráfica. De esta manera todas las variables que se plantearon desde un principio fueron agregadas al modelo. Además, se incorporó un interruptor que permite decidir si la simulación se va a ejecutar tomando en cuenta la variable fuerza del rumor o que directamente se tome en cuenta la influencia del rumor. Como parte de las pruebas para la mitigación se realizaron

cambios en la función “communicate” por lo que ahora podremos elegir mediante un interruptor si se desea aplicar esta opción de mitigación o no.

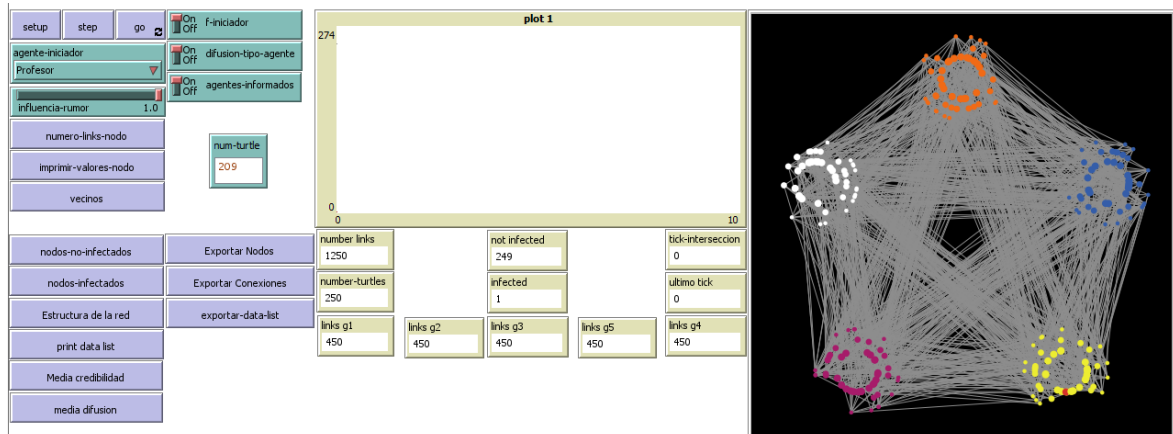


Figura 10: Interfaz gráfica de la versión final de modelo "Rumor".



Figura 11: Segunda parte de la interfaz gráfica de la versión final de modelo "Rumor" junto con la terminal donde se muestran los nodos creados, sus características y el primer nodo infectado.

#### 4.1.6 Redes generadas por el modelo

En esta sección se presentan las características que presentan las redes generadas en el modelo bajo las dos configuraciones presentadas en la Tabla 2. Primero observamos los resultados de una red generada bajo las condiciones de la configuración 1:

Tabla 5: Valores del cálculo de las métricas de la red generada con la configuración 1.

<b>Métrica</b>	<b>Valor</b>
Número de nodos	60
Número de conexiones	165
Grado promedio	6
Coefficiente de transitividad	0.07359813
Longitud promedio de caminos	2.509605
Densidad	0.09322034

Si observamos el coeficiente de transitividad, este es bajo lo que sugiere una baja tendencia de que las conexiones formen triángulos, es decir, grupos cerrados o comunidades. En el caso de la longitud promedio de los caminos los datos reflejan que, en promedio, se necesitan alrededor de 2.51 pasos para llegar de una persona a otra en la red. Hay que mencionar que cuanto menor sea este valor, más eficiente y conectada será la red. Por último, la densidad de la red indica que el porcentaje de conexiones en relación con el número máximo posible es relativamente bajo. Esto sugiere que la red no está densamente conectada.

A continuación, se presentan los resultados de la ejecución del análisis ANOVA:

Tabla 6: Valores del análisis de varianza de las redes generadas con la configuración 1.

	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Grado1</b>	1	399	398.9	2.264	0.1388
<b>Grado2</b>	1	1362	1362.3	7.733	0.00767
<b>Grado3</b>	1	1400	1400.2	7.949	0.00692
<b>Grado4</b>	1	177	176.7	1.003	0.32144
<b>Grado5</b>	1	993	992.5	5.634	0.02158
<b>Grado6</b>	1	953	952.9	5.41	0.02421
<b>Grado7</b>	1	1915	1914.7	10.869	0.00182
<b>Grado8</b>	1	292	291.7	1.656	0.20421
<b>Grado9</b>	1	761	760.7	4.318	0.04296
<b>Grado10</b>	1	1113	1112.7	6.317	0.0153
<b>Residuals</b>	49	8632	176.2		

Podemos observar que en la mayoría de las redes se muestra un valor de Pr menor que 0,05 por lo que se considera que existe una diferencia significativa entre el grado de cada uno de los nodos. Esto refleja que la diferencia entre la capacidad de transmisión de los nodos también es significativa.

En la siguiente tabla tenemos los resultados de la red generada bajo los parámetros de la configuración 2:

*Tabla 7: Valores del cálculo de las métricas de la red generada con la configuración 2.*

<b>Métrica</b>	<b>Valor</b>
Número de nodos	500
Número de conexiones	12500
Grado promedio	50
Coefficiente de transitividad	0.1002636
Longitud promedio de caminos	1.906044
Densidad	0.1002004

En este caso el coeficiente de transitividad indica una mayor tendencia a la formación de triángulos o grupos cerrados en la red en comparación con la red anterior. Además, el promedio de longitud de caminos es más corto lo que refleja una mayor eficiencia en la comunicación entre los diferentes agentes. En este caso, la densidad de conexiones sigue siendo baja a pesar de contener un mayor número de conexiones.

Resultados de la ejecución del análisis ANOVA:

*Tabla 8: Valores del análisis de varianza de las redes generadas con la configuración 2.*

	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Grado1</b>	1	182338	182338	9.216	0.00253
<b>Grado2</b>	1	118936	118936	6.011	0.01456
<b>Grado3</b>	1	59780	59780	3.021	0.0828
<b>Grado4</b>	1	46772	46772	2.364	0.12481
<b>Grado5</b>	1	51613	51613	2.609	0.10692
<b>Grado6</b>	1	25488	25488	1.288	0.25693
<b>Grado7</b>	1	95629	95629	4.833	0.02838
<b>Grado8</b>	1	4529	4529	0.229	0.63254
<b>Grado9</b>	1	35440	35440	1.791	0.1814
<b>Grado10</b>	1	121215	121215	6.127	0.01365
<b>Residuals</b>	489	9674885	19785		

En este caso observamos que tenemos casi la misma cantidad de redes con una varianza significativa y con una varianza no significativa. Esto puede denotar una tendencia en la que a medida que se aumenta en número de conexiones en la red el grado de sus nodos tiende a variar menos.

## 4.2 Resultados de las simulaciones

### 4.2.1 Simulación de “Profesores” como agente iniciador

En el caso de los profesores estos son el tipo de agente que cuenta con los valores más altos de credibilidad, además, se encuentran en mayor número dentro del modelo con un total de 20 por cada supernodo. Para el análisis nos vamos a centrar en la observación de las medias de cada una de las simulaciones las cuales podemos ver representadas en la curva de color azul.

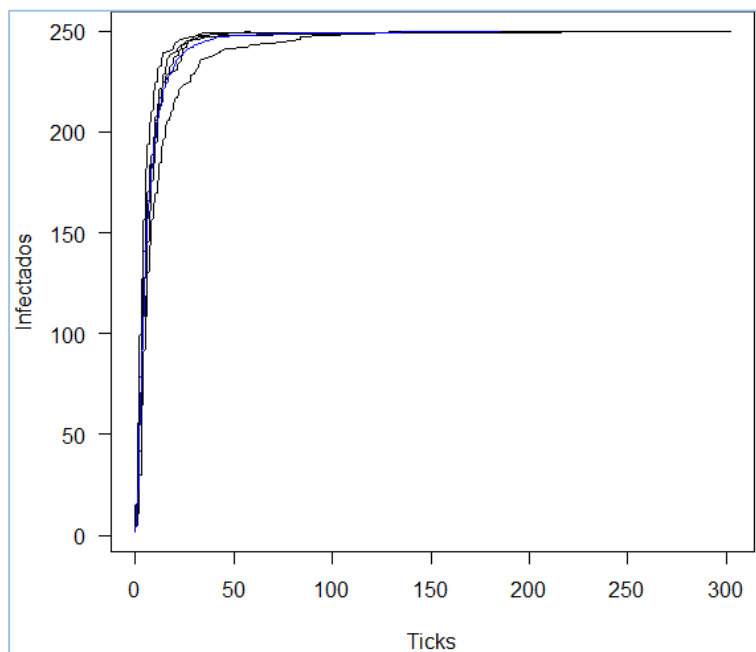


Figura 12: Gráfica del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Profesor como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0.1

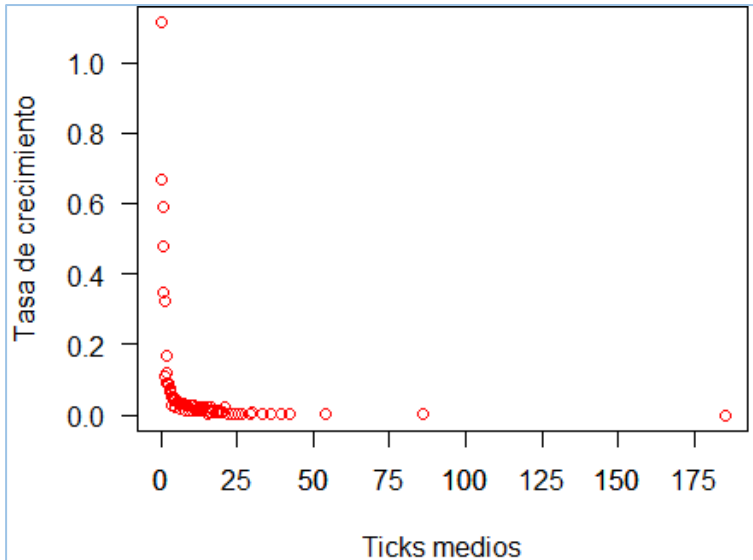


Figura 13: Gráfica de la tasa de crecimiento de las simulaciones realizadas con el Profesor como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0.1

En el caso de la Figura 12 observamos que en el rango de 0 a 30 ticks es donde suceden la mayor cantidad de contagios y es a partir de aquí donde la cantidad de infectados en el tiempo también decrece significativamente ya que el número de agentes susceptibles es muy bajo. También vemos que el último tick en donde hubo un contagio se extiende hasta el tick 185.

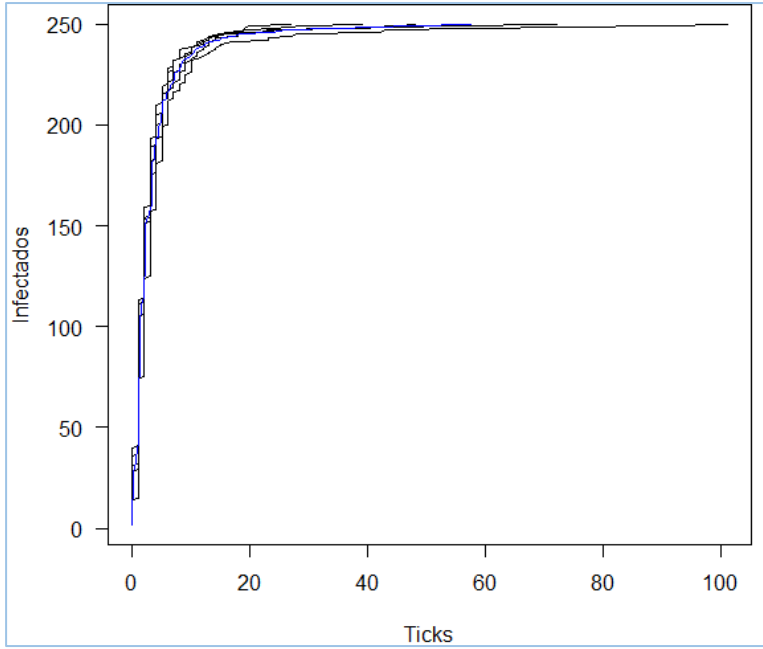


Figura 14: Gráfica de línea del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Profesor como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1.

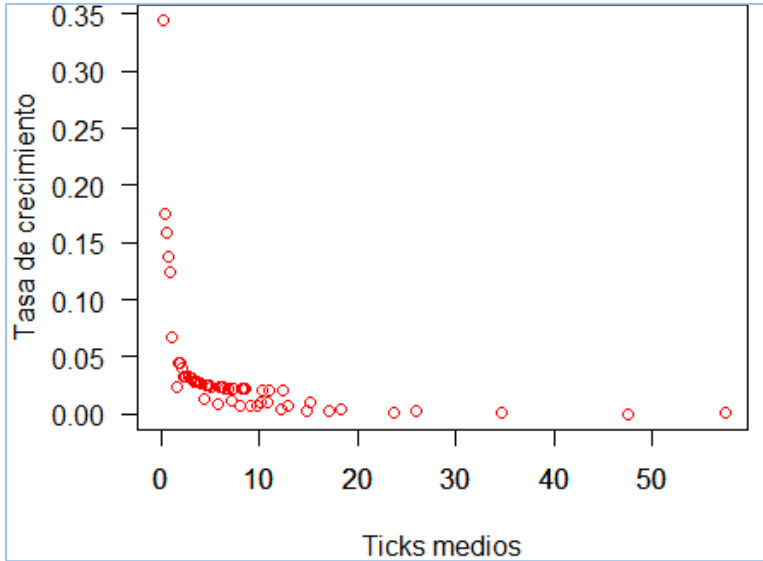


Figura 15: Gráfica de la tasa de crecimiento de la media de las simulaciones realizadas con el Profesor como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1.

Ahora, observando la Figura 14 en donde el rango en el cual se encuentra el mayor número de contagios es de 0 a 20 aproximadamente, notamos que el ultimo contagio se produce cerca del tick 57. Esto

quiere decir que existe una gran diferencia entre el tiempo que le toma a un rumor propagarse completamente por un sistema si este tiene un alto grado de impacto en los agentes. Sin embargo, también vemos que ambos casos presentan un alto grado de infección dentro de un rango medio de 0 a 25 ticks lo que quiere decir que las etapas iniciales del rumor son cruciales y es un punto importante para estudiar este fenómeno.

*Tabla 9: Valores del AUC de las simulaciones con los Profesores como agentes iniciadores tanto con una influencia del rumor de 0,1 como con 1.*

<b>Influencia-rumor</b>	<b>AUC min</b>	<b>AUC max</b>	<b>AUC media</b>	<b>Media Ticks max</b>
0.1	13254	72498	44302	185
1	6044	24195	13477	57

Como se puede observar en la Tabla 9 tenemos los valores de AUC de la curva con el área más baja y la curva con el área más alta. El AUC no representa un valor específico dentro del contexto de la simulación simplemente es un valor que nos permitirá observar y comparar de una manera más clara cada una de las simulaciones. Notaremos una gran diferencia entre los mínimos y los máximos, esto debido a la naturaleza del modelo el cual tiene una gran base de aleatoriedad por lo que a pesar de simular un mismo contexto los resultados pueden variar significativamente. Por esta razón es importante realizar varias simulaciones de una misma configuración y de esta manera obtener una media que permita tener una idea más concisa de la tendencia general de una configuración específica. A pesar de esto, si comparamos los valores de AUC de 0.1 de influencia del rumor podemos darnos cuenta de que estos siempre son mayores a los valores que presenta el AUC con una influencia del rumor 1. Esto demuestra el impacto que tiene la variable “Influencia del rumor” dentro del sistema.

#### ***4.2.2 Simulación de “Administrativos” como agente iniciador***

En el caso de los administrativos este tipo de agentes tienen una alta probabilidad de adquirir valores intermedios o moderados, es decir, que pueden tomar valores más bajos o más altos que 0.5 (su probabilidad más alta de media). Esto les permite tener la misma posibilidad de convertirse en transmisores potenciales del rumor, así como también de ser un obstáculo en una transmisión exitosa. Con esto en mente

al observar la Figura 16 vemos que existe una diferencia bastante notable entre cada una de las simulaciones. Si analizamos la curva del extremo inferior, podemos observar que en los 5 primeros ticks aproximadamente la cantidad de contagios es baja por lo que se puede concluir que el agente que inicio el rumor carecía de un gran potencial de transmisión, pero, una vez que un agente con un alto potencial de transmisión se contagia se produce una cadena de contagios que acelera de manera significativa la transmisión del rumor. También cabe mencionar que la curva de transmisión no presenta un cambio tan brusco en el número de contagios como se observó en resultados anteriores, sino que se mantiene con un número significativo de contagios hasta el final de la simulación. En el caso del extremo superior podemos observar un comportamiento que se asemeja más a lo que vimos en las simulaciones de “Profesores”, lo cual tiene lógica ya que quiere decir que el agente iniciador tubo una alta probabilidad de transmisión por lo que la transmisión se produjo rápidamente desde un inicio y se mantuvo de esa manera hasta aproximadamente el tick 20 en donde la cantidad de contagios comienza a descender drásticamente hasta alcanzar la cantidad máxima de contagios.

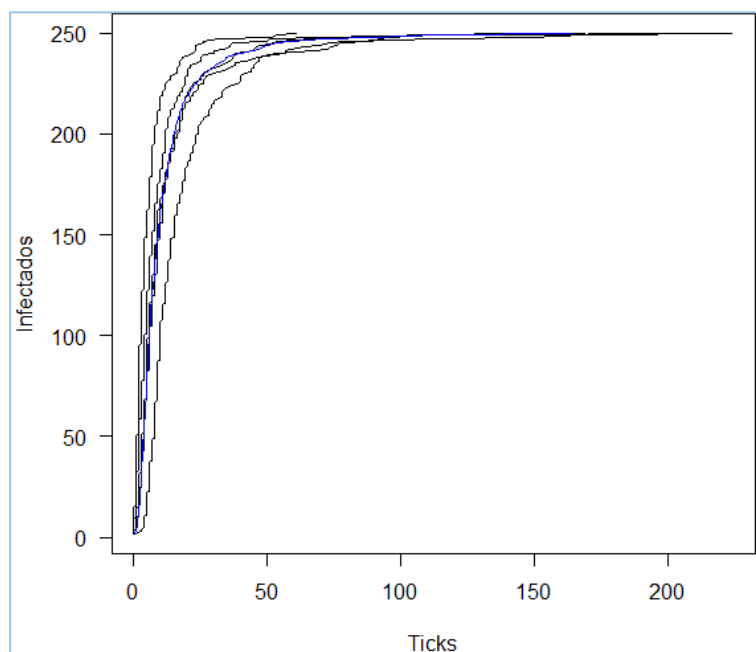


Figura 16: Gráfica del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Administrador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.

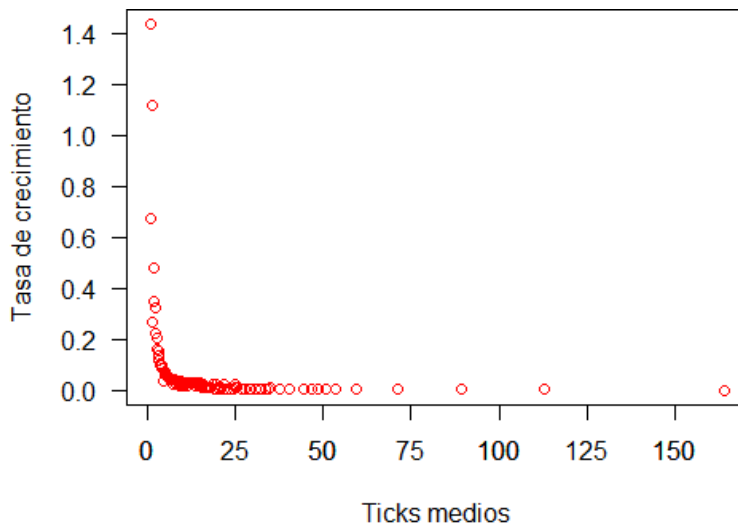


Figura 17: Gráfica de la tasa de crecimiento de la media de las simulaciones realizadas con el Administrador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.

Adicionalmente podemos afirmar que mientras la influencia del rumor es más baja más influencia tendrán las características propias de los agentes en la simulación, esto ya que como se observa en la Figura 16 y la Figura 12 el hecho de que la influencia del rumor sea baja evidencia una mayor variabilidad de valores de transmisión que puede adquirir la red lo cual se hace mas notorio en este tipo de agente.

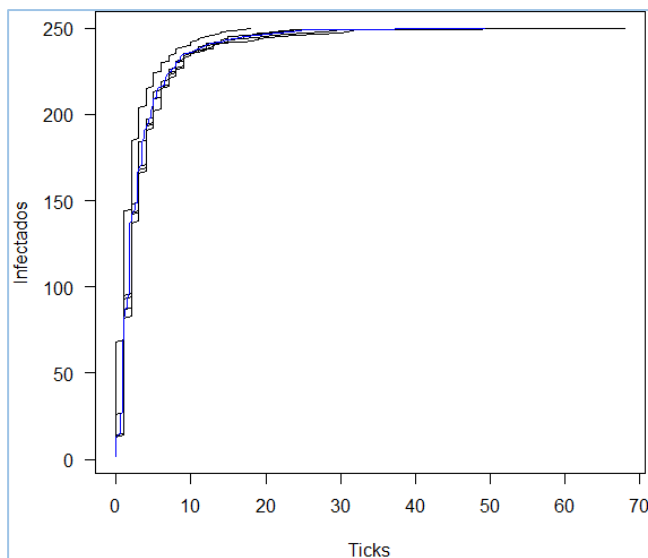


Figura 18: Gráfica del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Administrador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1.

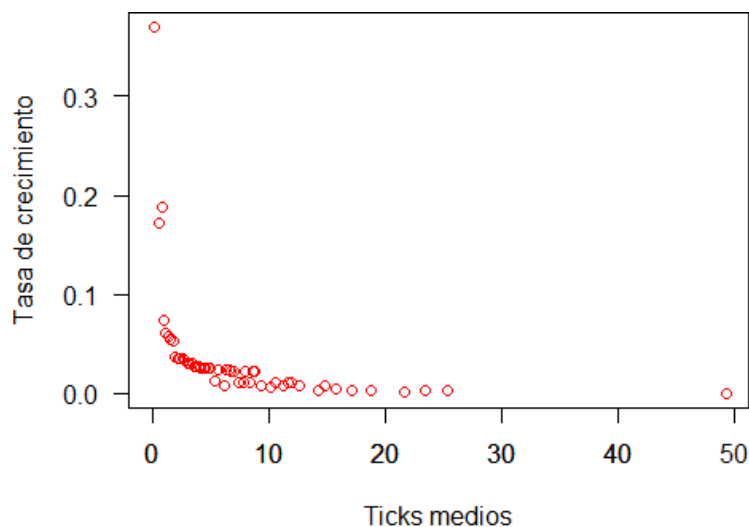


Figura 19: Gráfica de la tasa de crecimiento de la media de las simulaciones realizadas con el Administrador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.

Además, si analizamos la Figura 18 el número de tick máximo que alcanza es de 49 ticks contra los 164 ticks de la simulación de la Figura 16 lo que refleja nuevamente un gran impacto de la variable “Influencia del rumor”. Esto muy similar a las anteriores simulaciones analizadas por lo que podemos decir que ese tipo de comportamiento es común en sistemas donde la probabilidad de contagio es alta.

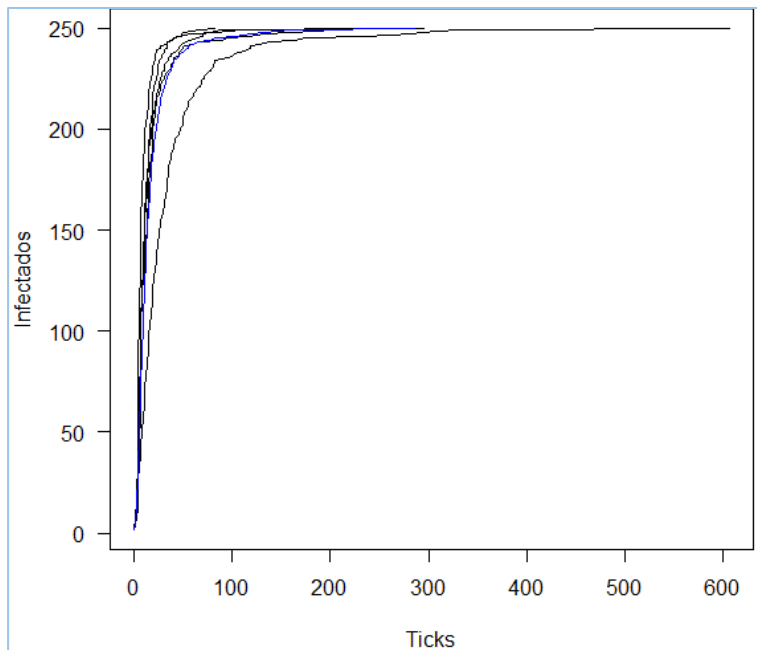
Tabla 10: Valores del AUC de las simulaciones con los Administradores como agentes iniciadores tanto con una influencia del rumor de 0,1 como con 1.

Influencia-rumor	AUC min	AUC max	AUC media	Media Ticks max
0.1	13807	52864	38055	164
1	3960	16080	11481	49

#### 4.2.3 Simulación de “Trabajadores” como agente iniciador

Finalmente, tenemos a los “Trabajadores” los que menor probabilidad de transmisión presentan y eso lo podemos evidenciar en los siguientes resultados. Si no fijamos en la Figura 20 vemos un comportamiento similar a la Figura 16 en donde las diferentes simulaciones presentan ciertas diferencias

con una gráfica superior y una gráfica inferior distantes entre sí. También podemos observar que estas simulaciones fueron las que más ticks necesitaron para que el contagio sea completo llegando a casi los 300 ticks en el caso de la Figura 20. Además, el rango de 0 a 50 es en el que se produce la mayor cantidad de transmisiones siendo el mayor rango en comparación a las demás simulaciones analizadas.



*Figura 20: Gráfica del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Trabajador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.*

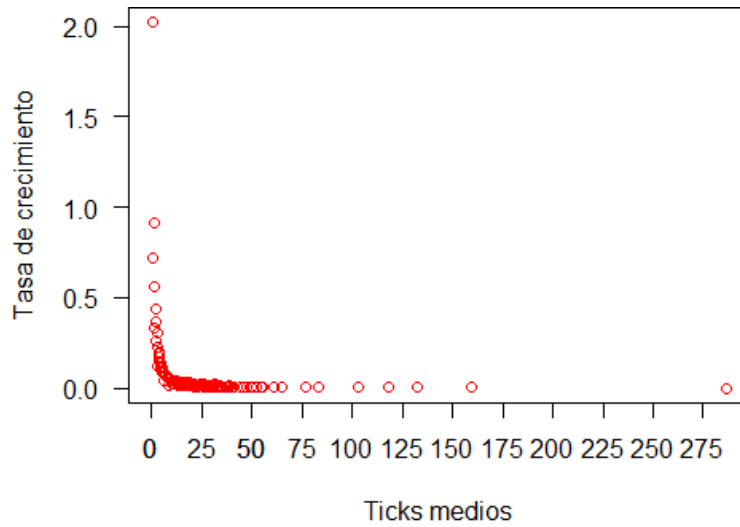


Figura 21: Gráfica de la tasa de crecimiento de la media de las simulaciones realizadas con el Trabajador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.

En el caso de la Figura 22 también notamos que la cantidad de ticks es la mayor sin embargo sigue presente la tendencia de que la mayor cantidad de infectados se den durante los primeros ticks de la simulación.

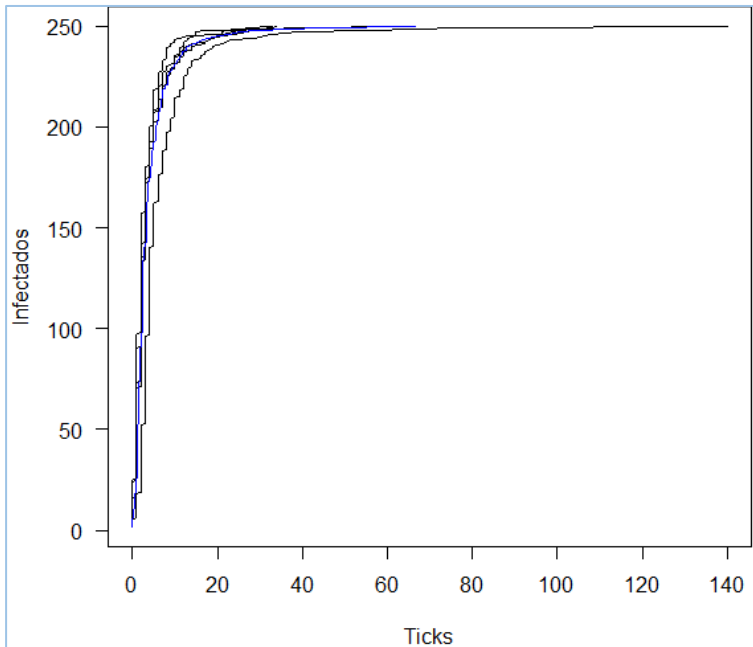


Figura 22: Gráfica del número de contagios en función del tiempo de las simulaciones realizadas con el Trabajador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1.

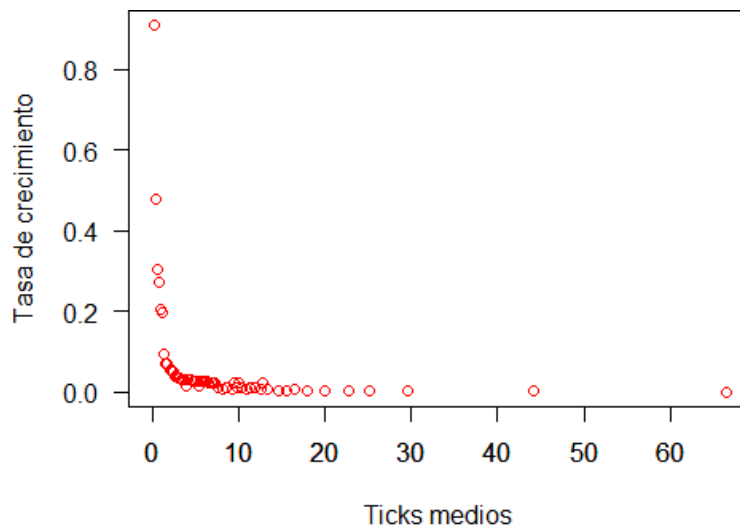


Figura 23: Gráfica de la tasa de crecimiento de la media de las simulaciones realizadas con el Trabajador como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1.

Tabla 11: Valores del AUC de las simulaciones con los Trabajadores como agentes iniciadores tanto con una influencia del rumor de 0,1 como con 1.

<b>Influencia-rumor</b>	<b>AUC min</b>	<b>AUC max</b>	<b>AUC media</b>	<b>Media Ticks max</b>
0.1	17652	143280	67359	286
1	7333	33339	15560	66

#### 4.2.4 Comparación de las medias de “Profesores” y “Trabajadores”

Siendo los “Profesores” y los “Trabajadores” dos tipos de agentes opuestos en cuanto a la asignación de los valores de sus características son idóneos para hacer una comparación que permita llegar a algunas conclusiones con respecto al modelo y su comportamiento. Para esto usaremos la gráfica de la media de las simulaciones de ambos tipos de agentes en el contexto de una influencia del rumor bajo ya que este permitía un mejor análisis de la transmisión a través del tiempo.

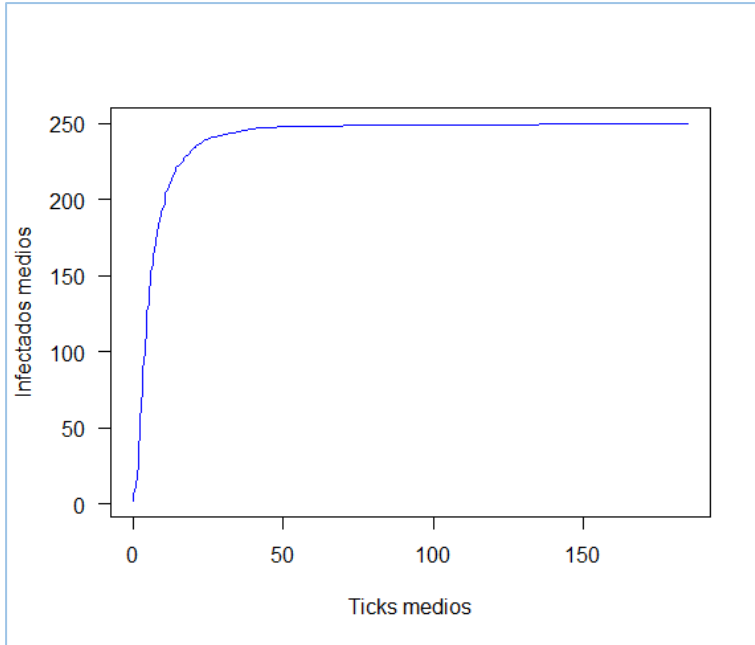


Figura 24: Gráfica de la media de las simulaciones con los Profesores como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.

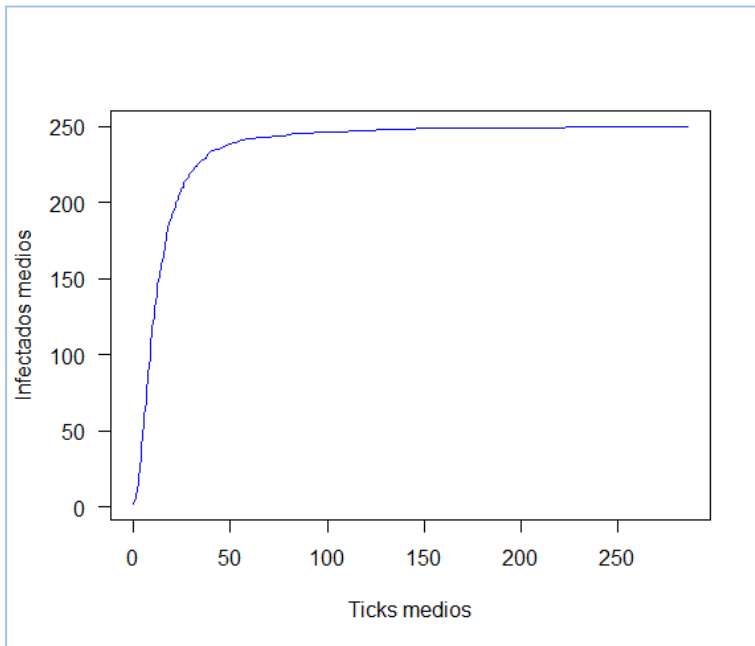


Figura 25: Gráfica de la media de las simulaciones con los Trabajadores como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 0,1.

Tabla 12: Valores del AUC y el máximo de ticks de las curvas de la Figura 24 y la Figura 25 respectivamente.

<b>Tipo de agente</b>	<b>AUC</b>	<b>Ticks max</b>
Profesores	44302	185
Trabajadores	67359	286

La simulación en la que el agente iniciador es un trabajador requiere aproximadamente 100 ticks más para propagar la infección a todos los agentes, esto con una influencia del rumor de 0.1. Sin embargo, ambas simulaciones exhiben patrones de comportamiento muy similares ya que muestran un rápido aumento en el número de infectados durante las primeras etapas de la simulación, seguido de una disminución gradual en la tasa de infección una vez que se alcanza cierto número de individuos infectados.

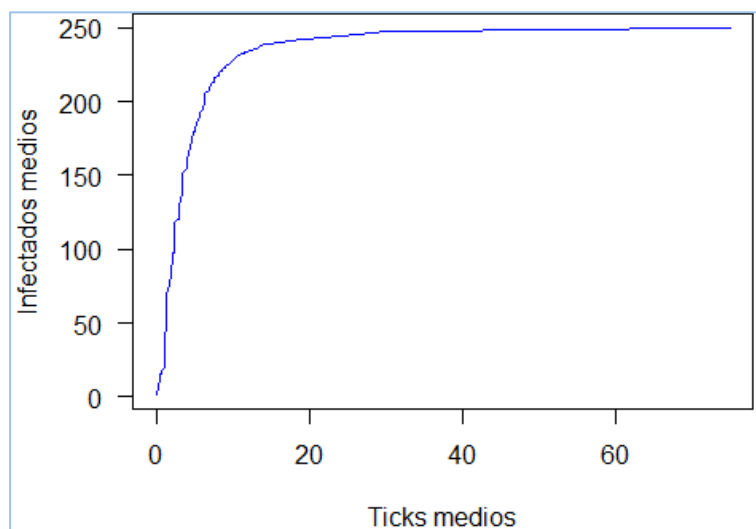
### **4.3 Propuestas para la mitigación**

#### ***4.3.1 Primera propuesta para la mitigación***

A partir de los resultados observados en las pruebas realizadas podemos deducir que lo que define en gran manera la dispersión del rumor dentro del contexto planteado en el modelo es el hecho de que es suma importancia actuar desde los primeros instantes en los que un rumor empieza a esparcirse. Es decir que si actuamos apenas notamos un indicio de un posible rumor este se puede llegar a detener o mitigar y así evitar mayores consecuencias. En la realidad aplicar este concepto suele ser bastante difícil ya que, al igual que con una enfermedad contagiosa, al momento en que no damos cuenta de su existencia ya suele ser demasiado tarde. En el caso de los rumores, tal y como hemos visto, pasa porque la tasa de infección es mucho mayor al inicio del rumor. Por esto se ha considerado que como primer paso para poder lidiar con un rumor es muy importante tomar medidas preventivas antes que mitigantes, es decir, intentar preparar a las personas ante la amenaza de un rumor. Según (Dong & Huang, 2018, p. 800) en su estudio acerca de la difusión de rumores en una red social como Facebook menciona que castigar a los usuarios que difunden rumores maliciosos mediante el cierre de cuentas o responsabilizarlos penalmente por los impactos negativos resultantes, etc., de tal manera que en el proceso de difusión de información la mayoría de los usuarios se vuelvan más cautelosos al reenviar información no examinada equivale a la disminución en el número de nodos infecciosos. Ahora para lograr esto en el contexto del modelo una opción viable es volver

a la población lo más tolerante posible a la tendencia de transmitir un rumor. Esto nos brindará un mayor rango de tiempo y permitirá una mejor toma de decisiones a la hora de mitigar un rumor. Como pudimos observar en anteriores simulaciones tenemos un cierto rango de tiempo, que, si bien en unas es mayor que en otras, quiere decir que el tiempo que tenemos para actuar es limitado. Por esto puede ser de gran ayuda aumentar la cantidad de tiempo en el cual podamos tomar contramedidas y reducir o eliminar las consecuencias que un rumor puede acarrear. La solución que se propone no ataca directamente al rumor, sino que establece la bases sobre las cuales se pueden tomar medidas y que estas resulten mucho más efectivas.

Esto en un contexto real se puede lograr mediante varios mecanismos como la concientización, capacitaciones y una buena organización dentro del espacio donde un individuo se desenvuelve. Esto en el modelo se traduce en la disminución de la probabilidad de difusión la cual representa precisamente la tendencia de una persona a transmitir un rumor. A manera de prueba se modificaron los valores con los que un agente se genera otorgando así una media de tendencia de difusión de 0.



*Figura 26: Gráfica de línea de la media de las simulaciones con los Profesores como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1 con una media de difusión de 0,3.*

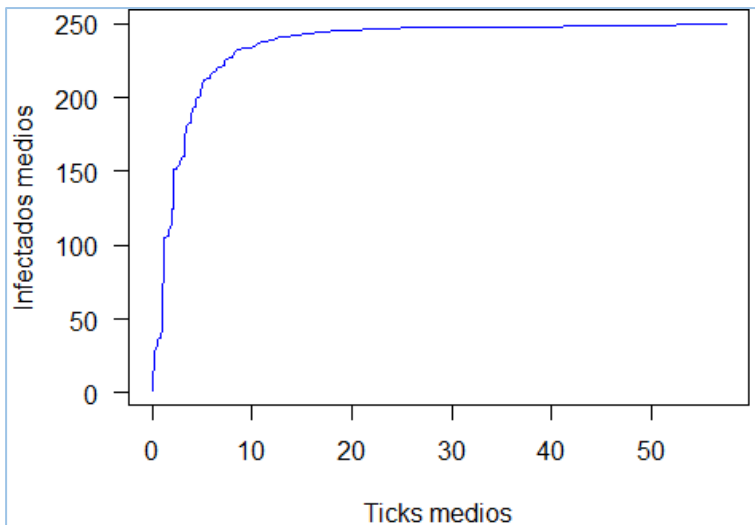


Figura 27: Gráfica de línea de la media de las simulaciones con los Profesores como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1 con una media de difusión de 0,5.

Tabla 13: Valores de el AUC y el numero maximo de ticks de las simulaciones de la figura 27 y la figura 26 respectivamente.

Media difusión	AUC	Ticks max
0.5	13477	57
0.3	17528	75

Esta es una simulación que cuenta con las mismas condiciones que la Figura 14 simplemente se modifica los valores de difusión ya que ahora cuenta con una media de difusión de 0.3. Esto como forma de representar una cierta resistencia a la difusión de un rumor. Como podemos observar, se han realizado ajustes en las condiciones del modelo con el objetivo de aumentar el número de ticks. La influencia de la variable de difusión ha provocado un aumento promedio de 18 ticks en el tiempo necesario para que el rumor se propague a todos los agentes. Esto nos lleva a concluir que la implementación de estrategias de prevención puede contribuir a reducir la velocidad de propagación de un rumor, lo que nos proporciona un margen de tiempo más amplio para tomar medidas adecuadas.

Sin embargo, es importante destacar que la diferencia en el número máximo de ticks no fue muy significativa. Esto podría deberse al hecho de que la media de difusión no disminuyó de manera notoria.

Esto se debe a que, aunque podríamos haber establecido una media de difusión mucho más baja, se prefirió trabajar con un entorno que refleje un caso más común en un contexto real. A pesar de esta limitación, podemos concluir que fortalecer la resistencia de las personas ante los rumores es efectivo. No obstante, para obtener un aumento de tiempo mucho más amplio, es necesario dar una gran importancia a esta estrategia para lograr una probabilidad de difusión del rumor muy baja.

#### ***4.3.2 Segunda propuesta para la mitigación***

Una estrategia para mitigar el impacto adverso de los rumores consiste en fomentar que los individuos adquieran información exclusivamente de fuentes confiables haciendo uso correcto de la tecnología, previamente mencionada como un medio que acelera la propagación de rumores, pero también podemos usarla en un sentido opuesto. Según (Buckner, 1965), señala que el rumor o la situación pueden llevar al individuo a adoptar una disposición crítica, una disposición no crítica o una disposición de transmisión hacia él. En pocas palabras, si el individuo adopta una disposición crítica, significa que es capaz de utilizar su "capacidad crítica" para distinguir lo verdadero de lo falso en los rumores que escucha. Si un individuo adopta una disposición no crítica, significa que no puede utilizar su "capacidad crítica" para evaluar la veracidad de los rumores que escucha. Si adopta la disposición de transmisión, que generalmente se encuentra en experimentos de laboratorio, su capacidad crítica resulta irrelevante. Esta capacidad crítica puede ser otorgada a los individuos a través del acceso a la información. Si una persona puede y efectivamente ejerce su capacidad crítica sobre un rumor que escucha, tendrá consecuencias para el rumor. Tenderá a: transmitir las partes más importantes del rumor, omitiendo lo irrelevante, detectar desinformación en el rumor y eliminarla y transmitir el rumor sin cambios si no puede detectar información irrelevante o falsa. (Buckner, 1965, p. 56). Por esta razón, en este caso es imperativo subrayar que este enfoque o método que se propone es pertinente únicamente en escenarios donde el rumor es falso. Esta restricción se fundamenta en la observación de que cuando un individuo escucha un rumor y verifica su veracidad, si este resulta ser falso, la influencia del rumor experimenta una disminución inmediata. Citando nuevamente a (Back et al., n.d., p. 61) en el caso en que, después de escuchar un rumor falso, una persona

escuche y acepte críticamente una versión verdadera, su conocimiento será tan preciso como el de cualquier otra persona que haya aceptado críticamente un rumor verdadero. Además, será capaz de refinarlo, aclararlo y advertir sobre rumores falsos cuando transmita la versión verdadera. En contraposición, si el rumor se corrobora como verídico, la confirmación puede tener un efecto contrario, incrementando su difusión e influencia. Como se citó anteriormente, según (Adrien Friggeri et al., n.d.), “Rumores falsos fueron cargados con frecuencia y también desmentidos con frecuencia. Sin embargo, fueron los rumores verdaderos los que se volvieron más virales y provocaron las cascadas más grandes”. Por lo tanto, esta metodología se aplica de manera exclusiva a rumores que carecen de fundamento verídico, con el propósito de observar como este influye en el comportamiento del sistema y en un contexto real preservar la reputación de personas o grupos inocentes.

Para la ejecución de este procedimiento, se delinearon diversos aspectos que facilitan la correcta implementación de esta técnica de mitigación. Principalmente, se estableció que los agentes responsables de debilitar la fuerza del rumor serían los "Profesores" y los "Administrativos", ya que estos ocupan cargos que brindan un acceso más amplio a la información y los datos en el contexto educativo. De manera adicional, se otorgó a los "Profesores" una capacidad superior para reducir la intensidad del rumor, dada su inclusión de roles jerárquicos como gerentes, directores o decanos, quienes disponen de un acceso más extenso a la información. En contraste, los "Trabajadores" generalmente carecen de tal capacidad, ya que su acceso a la información institucional tiende a ser limitado. Consecuentemente, se procedió a adaptar la función "communicate" en el modelo, incluyendo una consideración del tamaño del nodo mediante la cual comprobamos el tipo de agente, lo cual determina si se debe disminuir o no la fuerza del rumor. En el caso de los "Profesores", se asignó una reducción del 10% en la fuerza total del rumor, mientras que los "Administrativos" se asignaron con una reducción del 5%. Importa destacar que estos valores no se basan en datos específicos, sino que se establecieron con la finalidad de analizar el comportamiento del modelo en este contexto particular. A continuación, podemos observar los resultados obtenidos de la simulación

realizada tomando como configuración inicial a los “Profesores” como agente iniciador y un valor de influencia del rumor de 1:

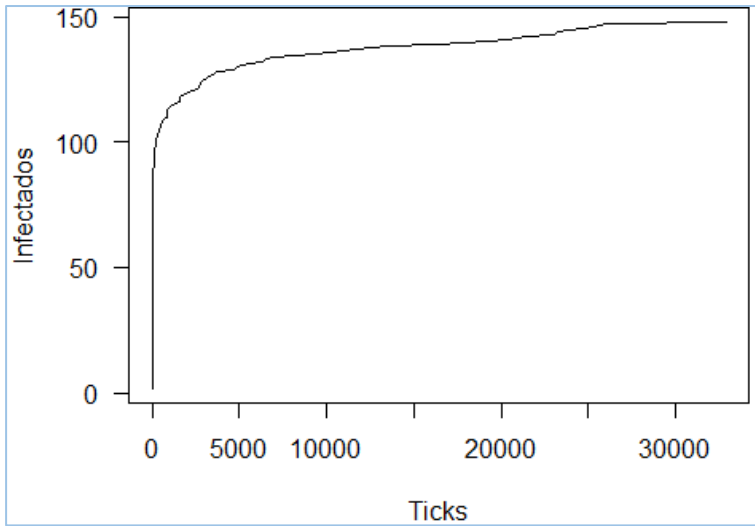


Figura 28: Gráfica de la simulación realizada con la cantidad de infectados en función del tiempo, los profesores como agente iniciador, una influencia del rumor de 1 y la implementación de la capacidad de los Profesores y Administrativos de reducir la influencia del rumor.

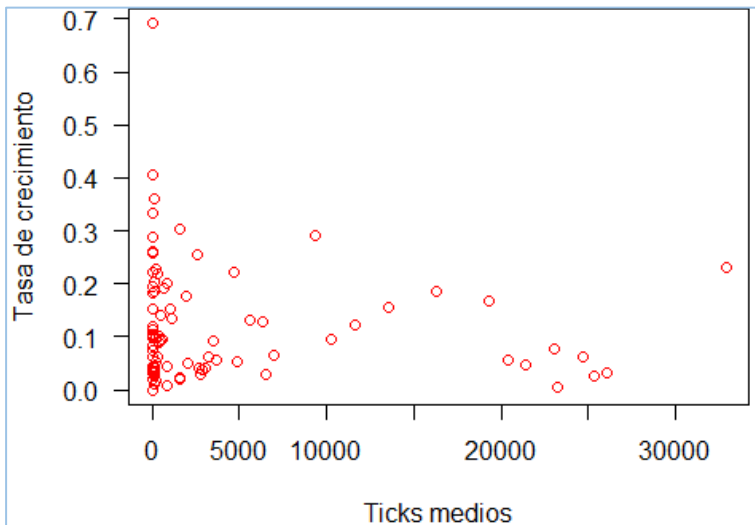


Figura 29: Gráfica de tasa de crecimiento en función del tiempo de la simulación realizada con los profesores como agente iniciador, una influencia del rumor de 1 y la implementación de la capacidad de los Profesores y Administrativos de reducir la influencia del rumor.

Los resultados muestran un cambio significativo en cuanto al tiempo de propagación del rumor, que se extiende hasta más de 30,000 unidades de tiempo (ticks) hasta el momento en que se decidió detener

la simulación. Este valor se considera extraordinariamente elevado en comparación con simulaciones previas, además, tomando en cuenta que en este punto de la simulación solo se han infectado 148 agentes. La razón detrás de la decisión de interrumpir la simulación en este punto radica en la obtención de resultados prácticamente suficientes para la formulación de conclusiones. Además, teniendo en cuenta que el impacto del rumor se reduce gradualmente, se estima que de continuar la simulación resultaría en una duración excesivamente prolongada por lo que, en términos de este estudio, y el rumor se considera prácticamente extinto en este punto.

Otro aspecto de interés es el momento en el cual la cantidad de agentes infectados comienza a disminuir, lo cual ocurre aproximadamente cuando se alcanza un número cercano a los 100 infectados. Esto contrasta con resultados previos, donde esta tendencia se manifestaba después de que la cantidad de infectados superaba los 200. En esos casos, la disminución se debía a la falta de individuos susceptibles a la infección, mientras que, en esta situación actual, la causa es la reducida probabilidad de propagación de la infección. En conclusión, se puede afirmar que esta estrategia es eficaz a la hora de mitigar el impacto negativo de los rumores. Sin embargo, hay que recordar que es relevante solo en el contexto de rumores falsos, ya que verificar su falsedad reduce su influencia de manera inmediata. Los resultados de la simulación indican que esta estrategia logra prolongar significativamente el tiempo de propagación del rumor y reduce el número de personas infectadas, lo que sugiere su efectividad en la preservación de la reputación de personas o grupos inocentes.

#### **4.4 Discusión**

De acuerdo a las diferentes simulaciones realizadas se pudo observar que el rumor bajo las condiciones establecidas se transmite de manera exponencial durante las primeras etapas de transición y que posteriormente a medida que la cantidad de susceptibles disminuye también lo hace la tasa de infección. Si comparamos estos resultados con otros estudios realizados en este campo bajo contextos similares podemos notar que concuerdan con los resultados que suelen arrojar este tipo de sistemas. Por

ejemplo, en el estudio realizado por (Antonio Montesinos-López et al., n.d.) que se basó el análisis de diferentes modelos usados en el estudio de enfermedades infecciosas entre los cuales también se encuentra el modelo SI podemos notar que los resultados que se obtuvieron luego de generar las trayectorias de crecimiento para cada tipo de modelo, en el modelo SI durante los primeros instantes del contagio, el número de infectados aumenta lentamente hasta alcanzar un cierto número de infectados. Luego, se observa una tasa de crecimiento acelerada durante la primera etapa de la transmisión para finalmente desacelerar cuando el número de agentes susceptibles disminuye hasta alcanzar el máximo de infectados. Esto nos muestra la tendencia que tiene este modelo que también la podemos observar en los resultados obtenidos a través de las diferentes simulaciones realizadas en este estudio. Este mismo comportamiento lo podemos observar en el artículo “A Class of Rumor Spreading Models with Population Dynamics” (Dong & Huang, 2018). Consultar anexo 36.

En cuanto a las variaciones en el tiempo de cada una de las simulaciones, observamos que si una persona con un bajo nivel de credibilidad como los “Trabajadores” inicia un rumor esto puede aumentar el tiempo de manera notable en el que un rumor se esparce completamente en una comunidad. Por el contrario, si el rumor es iniciado por alguien con una credibilidad alta el rumor infectara en un tiempo mucho menor. De la misma manera cuando la influencia de rumor es alta el rumor tiende a acelerar el tiempo de contagio. Todo esto bajo la premisa de que la fuerza del rumor está dada por el cargo de la persona que inicia el rumor y la influencia o impacto del rumor como tal. Finalmente, hay que mencionar la variación que se observó en la tasa de infección de cada una de las simulaciones que contaban con una baja influencia del rumor la cual reflejo que mientras la fuerza del rumor sea baja la transmisión del rumor fue mayormente influenciada por la credibilidad y la difusión de cada agente.

Por último, en las propuestas de mitigación en ambos casos se evidencio un aumento en el tiempo de contagio total. En el caso de la primera propuesta en donde se redujo la tendencia de los individuos a transmitir el rumor se pudo observar una leve diferencia en el aumento de tiempo. La segunda propuesta

que consistió en reducir gradualmente la influencia del rumor es la que presentó una mayor diferencia aumentando la duración del contagio de manera muy significativa. Según menciona (Back et al., n.d., p. 65), un grupo disperso con un bajo nivel de interés es casi seguro que no tenga mucha actividad de rumores. La abrumadora mayoría de los miembros de dicho grupo no se esperaba que escucharan el rumor, y aquellos que lo hicieran probablemente lo oírían solo de una fuente. Es posible que un grupo cercano sea un centro intenso de actividad de rumores, mientras que el grupo disperso que lo rodea puede que no oiga ni una palabra del rumor. Consultar Anexo 37. Ambas propuestas arrojaron resultados similares a las propuestas de mitigación realizadas por (Dong & Huang, 2018). Consultar anexo gráfica 38.

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1 Conclusión sobre el modelo “Rumor” y su desarrollo

A medida que se desarrollan las iteraciones del modelo, se pudo apreciar una evolución que se dirigía hacia una representación más precisa de la dinámica de propagación de rumores en un entorno específico simulado. Con cada versión subsiguiente se introdujeron una serie de adiciones que trabajan en conjunto para enriquecer la simulación y acercarla a la complejidad de las interacciones humanas.

Uno de los aspectos más importantes es la inclusión de diferentes tipos de agentes, los cuales desempeñan roles específicos dentro del entorno modelado. Estos tipos de agentes, representados por profesores, administrativos y trabajadores añaden una capa de realismo al modelo y también reflejan la heterogeneidad presente en contextos sociales reales de una unidad académica como la UCACUE. La asignación de características individuales a cada agente, definida por la distribución triangular, contribuye a esta diferenciación y proporciona una base para la variabilidad entre los agentes, lo que en última instancia refleja la diversidad que se encuentra en poblaciones reales. Además, la evolución del modelo introduce un mayor grado de control y flexibilidad en la simulación. A través de la inclusión de deslizadores y ajustes, los parámetros del modelo pueden ser modificados y ajustados de manera más precisa, permitiendo explorar diferentes escenarios y condiciones. Esta capacidad de ajuste no solo brinda mayor versatilidad al modelo, sino que también facilita la experimentación y la comprensión de cómo diferentes factores pueden influir en la propagación de rumores. También, con la introducción de la variable “Fuerza-rumor” permite entender cómo diferentes variables pueden dar forma a la propagación de rumores en diferentes contextos. En cuanto a las redes que podemos generar, éstas presentan diferentes características a medida que vamos modificando los parámetros iniciales en el modelo. Esto nos da una muestra del tipo de redes con las que podemos llevar a cabo las diferentes simulaciones. Por ejemplo, podemos generar redes grandes con un alto número de conexiones o en su defecto generar redes pequeñas con una baja densidad de conexiones. Esto dependiendo del entorno que deseemos estudiar o analizar.

Además, el software NetLogo fue una herramienta esencial en el desarrollo y evolución del modelo “Rumor”. Por su capacidad para simular sistemas basados en agentes y su facilidad de uso. Esto ya que permitió la creación de un entorno interactivo donde los elementos clave del modelo pudieron ser diseñados, implementados y ajustados con relativa facilidad. La interfaz gráfica y la capacidad de programación modular de NetLogo facilitaron la incorporación gradual de características más realistas y complejas, como la diferenciación de tipos de agentes y la asignación de características individuales además de la creación de una red compleja con agentes que pueden interactuar entre sí.

## 5.2 Conclusión sobre la recopilación y el análisis de resultados

A partir de los resultados obtenidos se llegaron a varias conclusiones:

1. **Velocidad de propagación del rumor:** Se observó que la velocidad de propagación del rumor varía según la influencia del rumor y el cargo del agente que lo inicia. Los resultados indicaron que los “Profesores” quienes contaban con un mayor potencial de transmisión provocaron una propagación más rápida del rumor, mientras que los “Trabajadores”, aquellos con menor potencial mostraron una propagación más lenta con mucha diferencia.

En el caso de los administradores estos demostraron una transmisión del rumor aún más rápida que la de los “Profesores”, que puede deberse al hecho de que este tipo de agentes tiene un rango más alto de posibilidades al adquirir los distintos valores en sus características que les permitió en este caso obtener una alta probabilidad de transmisión.

2. **Importancia de las etapas iniciales:** Se observó la importancia de las etapas iniciales en la propagación del rumor. Durante los primeros ticks, se produjeron la mayoría de los contagios. Esto sugiere que el comportamiento inicial es crucial para la propagación del rumor.

3. **Influencia del rumor y características de los agentes:** Se notó que una influencia baja del rumor resalta las diferencias en las características individuales de los agentes, lo que afecta la propagación. A medida que aumenta la influencia del rumor, las diferencias entre agentes se vuelven menos prominentes.

### **5.3 Conclusión sobre la propuesta de mitigación**

En conclusión, se evidencia la importancia de abordar la dispersión de rumores desde el inicio para mitigar sus consecuencias. Es necesario actuar temprano, en cuanto se perciba un indicio de rumor, para detener o reducir su propagación. El paralelismo con una enfermedad contagiosa nos da una muestra cómo el tiempo de reacción influye en el resultado. La influencia de un rumor es difícil de controlar, por lo que se deben adoptar medidas preventivas, como preparar a las personas para resistir la tentación de propagar rumores. La idea central radica en aumentar el tiempo disponible para tomar contramedidas y minimizar las consecuencias negativas. En la primera propuesta no se busca atacar directamente al rumor, sino establecer bases sólidas para una gestión efectiva. En un entorno real, esto se lograría a través de concientización, capacitación y una organización sólida en el lugar donde las personas interactúan. Se observa como la variación en los valores de difusión influye en la velocidad de propagación del rumor. La simulación indica que reducir la tendencia de una persona a transmitir un rumor resulta en una propagación más lenta y controlada, además, retrasa el tiempo en que el rumor afecta a todos los involucrados. En resumen, se ve la necesidad de intervenciones tempranas y medidas preventivas para manejar eficazmente la dispersión de rumores y minimizar su impacto.

En cuanto a la segunda propuesta, la estrategia de fomentar que los individuos adquieran información exclusivamente de fuentes confiables y verificar la veracidad de los rumores demuestra ser la más efectiva para mitigar el impacto negativo de los rumores falsos. Los resultados de la simulación indican que esta estrategia prolonga significativamente el tiempo de propagación del rumor además de reducir el

número de personas infectadas. Sin embargo, es importante destacar que esta estrategia solo es relevante en el contexto de rumores falsos, ya que la verificación de su falsedad reduce su influencia. En conjunto, estos hallazgos sugieren que esta metodología puede ser efectiva para preservar la reputación de personas o grupos de personas que puedan ser víctimas de rumores falsos.

## **6. RECOMENDACIONES**

En el marco de esta investigación, es fundamental destacar que el objetivo primordial ha sido la creación de un modelo de propagación de rumores. En consecuencia, la atención principal se ha concentrado en el desarrollo y construcción de dicho modelo, lo que ha llevado a una limitación en la profundización exhaustiva del análisis de los resultados de las simulaciones implementadas. Cabe señalar que las simulaciones desempeñaron un papel crucial al propiciar una mayor claridad respecto al desempeño y las potenciales proyecciones del modelo. Además, cumplieron una función crítica al someter el modelo a pruebas que permitan validar la consistencia de sus resultados. Para aquellos que estén interesados en llevar a cabo un análisis más riguroso y detallado, se sugiere realizar un mayor número de simulaciones, acompañado de una precisa afinación en la configuración del modelo. Esto es posible gracias a la versatilidad del modelo, que permite representar un espectro amplio y diverso de escenarios que pueden resultar de alto interés en el ámbito de estudio. Como observación final hay que mencionar que en caso de estar interesados en aplicar las propuestas de mitigación descritas en el estudio se recomienda considerar los aspectos mencionados anteriormente además de someter dichas propuestas a otro tipo de pruebas que permitan validar la eficacia de estas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrien Friggeri, Lada A Adamic, Dean Eckles, & Cheng, J. (n.d.). *Rumor Cascades*.  
[www.aaii.org](http://www.aaii.org)
- Aldana, M. (2006). *Redes Complejas*.
- Alexander, M., & Espinosa, M. (n.d.). *TÍTULO: REDES COMPLEJAS. TEORÍA Y PRÁCTICA*.  
<http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.htm>
- ALLPORT, G. W., & POSTMAN, L. J. (1945). The basic psychology of rumor. *Transactions of the New York Academy of Sciences*, 8, 61–81. <https://doi.org/10.1111/j.2164-0947.1945.tb00216.x>
- Amster, P. (n.d.). *LA MATEMÁTICA DE LAS EPIDEMIAS*.
- Anjum, U., Zadorozhny, V., & Krishnamurthy, P. (n.d.). *TBAM: Towards An Agent-Based Model to Enrich Twitter Data*.
- Antonio Montesinos-López, O., en, M. C., & Moisés Hernández-Suárez, C. (n.d.). *Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas*.
- Aya-Velandia, L. A. (2019). Aportes de los sistemas y redes complejas para la transformación social. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 12(1).  
<https://doi.org/10.22335/rlct.v12i1.1066>
- Back, K., Festinger, L., Hymovitch, B., Kelley, H., Schachter, S., & Thibaut, J. (n.d.). Briefer Studies and Annotations. *Human Relations*, 307–312.  
<https://doi.org/10.1177/001872675000300304>
- Barrios, J. M., Tutores, L., Serrano, E., & Bajo, J. (n.d.-a). *A Homophily-Based Rumor Propagation Model in Social Networks*.

- Barrios, J. M., Tutores, L., Serrano, E., & Bajo, J. (n.d.-b). *A Homophily-Based Rumor Propagation Model in Social Networks*.
- Brauer, F., Feng, Z., & Castillo-Chavez, C. (2010). Discrete epidemic models. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 7(1), 1–15. <https://doi.org/10.3934/mbe.2010.7.1>
- Buckner, H. T. (1965). American Association for Public Opinion Research A Theory of Rumor Transmission. In *Source: The Public Opinion Quarterly* (Vol. 29, Issue 1).
- Buffa, B. A. (2015). *Métodos Matemáticos para Modelos Basados en Agentes*. 40.
- Cardoso, C., Bert, F., & Podestá, G. (2011). Modelos Basados en Agentes ( MBA ): definición, alcances y limitaciones. *Landuse, Biofuels and Rural Development in the La Plata Basin*, 1–14.
- Cecilia Castillo Valenzuela, M., Cruces Hernández, L., & de los Ángeles Guerra Goglios, M. (2016). *La Veracidad de la Información Expuesta en las Redes Sociales* (Vol. 2).
- Chierichetti, F., Lattanzi, S., & Panconesi, A. (2011). Rumor spreading in social networks. *Theoretical Computer Science*, 412(24), 2602–2610. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2010.11.001>
- Chorus, A. (1953). Social Distance Scale FIG. 2. DISTRIBUTION OF MEAN SOCIAL DISTANCE SCORES FOR WHITE AND NEGRO COLLEGE STUDENTS THE BASIC LAW OF RUMOR. In *OF ABNORMAL AND SOCIAL ts\ IHOOOV* (Vol. 48, Issue x).
- Dong, S., & Huang, Y. C. (2018). A Class of Rumor Spreading Models with Population Dynamics. *Communications in Theoretical Physics*, 70(6), 795–802. <https://doi.org/10.1088/0253-6102/70/6/795>
- Evans, M., Hastings, N., & Peacock, B. (2000). *Statistical Distributions* (3rd ed).
- F. Stonedahl, & U. Wilensky. (2008). *NetLogo Virus on a Network model*.

Festinger, L., Cartwright, D., Barber, K., Fleischl, J., Gottsdanker, J., Keysen, A., & Leavitt, G. (1948). A Study of a Rumor: Its Origin and Spread. *Human Relations*, 464–486.

<https://doi.org/10.1177/001872674800100405>

Firth, R. (1956). *CASE REPORTS RUMOR IN A PRIMITIVE SOCIETY*.

Gallego Ramos, J. R., & Anazco Ramos, F. (2020). La influencia del rumor en la construcción de la agenda mediática de la provincia de Camagüey, Cuba. *Revista Mexicana de Opinión Pública*, 29, 81–94. <https://doi.org/10.22201/fcpys.24484911e.2020.29.71768>

Gallego Reinoso, F. (n.d.). *Como abordar Rumores*.

Isea, R. (n.d.). *Análisis matemático de la difusión de un rumor entre dos grupos de personas*.

Lozares, C. (2004). La simulación social, ¿una nueva manera de investigar en ciencia social? In *Papers* (Vol. 72).

Lytinen, S. L., & Railsback, S. F. (2012). *The Evolution of Agent-based Simulation Platforms: A Review of NetLogo 5.0 and ReLogo*. <http://conference.emcsr.net>

Peterson, W. A., & Gist, N. P. (n.d.). *RUMOR AND PUBLIC OPINION*.

<http://www.journals.uchicago.edu/t-and-c>

Pino Romero, N. (n.d.). *Análisis y simulación numérica de un modelo matemático SI con retardo discreto para las enfermedades de transmisión sexual*.

Rodríguez, P., & García Yépez, R.-J. (n.d.). *La comunicación humana en la sociedad del conocimiento Human Communication in the Knowledge Society*. [www.urracas-emaus.cl](http://www.urracas-emaus.cl)

Rodríguez Zoya, L. G., & Roggero, P. (2015). Modelos basados en agentes: aportes epistemológicos y teóricos para la investigación social. In *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales* (Vol. 60, Issue 225). [https://doi.org/10.1016/S0185-1918\(15\)30025-8](https://doi.org/10.1016/S0185-1918(15)30025-8)

- Ruiz, J. (1994). Implicaciones educativas del lenguaje LOGO. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 6(1), 111–118. <https://doi.org/10.1174/021470394321513915>
- Salvador Valdez Martínez, J., Guevara López, P., & Delgado, G. (n.d.). *Modelo Susceptible-Infectado para Epidemias por Gusanos Informáticos: Un Enfoque Basado en Aproximaciones Estimación de parámetros View project Identificación with estimation View project*. <https://www.researchgate.net/publication/287420480>
- Sampio, P., Lluís, J., & Mompert, G. (2014). *Calidad y credibilidad, un binomio inexorable para el futuro de los medios*. 16, 11–28. <https://doi.org/10.2436/20.3008.02.35>
- Sklar, E. (n.d.). *Software Review: NetLogo, a Multi-agent Simulation Environment*. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
- Tamayo, U., & Rincón, V. (2017). Comunicación social para el desarrollo humano / Social communication for human development. *Revista de Comunicación de La SEECI*, 14–25. <https://doi.org/10.15198/seeci.2017.42.14-25>
- Tissue, S., Wilensky, U., & • Tissue, S. (2004). *NetLogo: Design and Implementation of a Multi-Agent Modeling Environment*.
- Tseng, S. H., & Nguyen, T. S. (2020). Agent-based modeling of rumor propagation using expected integrated mean squared error optimal design. *Applied System Innovation*, 3(4), 1–13. <https://doi.org/10.3390/asi3040048>
- U. Wilensky. (1997). *NetLogo Rumor Mill model*.
- Ulianov, E., & Tejada, T. (n.d.). *Un estudio dinámico sobre la difusión de rumores*.
- Yajaira Alpízar-Brenes, G. (n.d.). *Análisis de un modelo SIS para el estudio de la dinámica de propagación de la enfermedad al aplicar medidas de control Analysis of a SIS model to study the dynamics of disease spread when control measures are applied*.

Zires, M. (1995). *La dimensión cultural del rumor De lo verdadero a los diferentes regímenes de verosimilitud*. 155–176.

## **ANEXOS**

**Juan Bernardo Moscoso Matailo** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0106820426**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "MODELO DE TRANSMISIÓN DEL RUMOR BASADO EN AGENTES: SIMULACIÓN BASADA EN REDES COMPLEJAS EN UN ENTORNO FÍSICO DEFINIDO" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **23 de octubre de 2023**

F:  .....

**Juan Bernardo Moscoso Matailo**

C.I. **0106820426**

```

let num-links (average-node-degree * number-of-nodes) / 2
while [count links < num-links ]
[
  ask one-of turtles
  [
    let choice (min-one-of (other turtles with [not link-neighbor? myself])
                        [distance myself])
    if choice != nobody [ create-link-with choice ]
  ]
]

```

Anexo 1: Función para la creación de conexiones entre nodos tomada del modelo “Virus on a network” de la biblioteca de modelos de Netlogo.

```

turtles-own[
  infected?
  number-turtles
  credibilidad
  difusion
]

extensions [
  rnd
  csv
]

globals[
  num-turtles1
  last-change-tick
  null
  num-infectados-anterior
  ultimo-tick-infectados-aumentaron
  mi-valor
  turtles-infected
  tick-interseccion
  fuerza-iniciador
  fuerza-rumor
  data-list-t
  data-list-e
  data-list-in
  data-list-i
]

```

Anexo 2: Definición de variables para las tortugas y variables globales, además de la incorporación de librerías.

```

breed [g1 p1]
breed [g2 p2]
breed [g3 p3]
breed [g4 p4]
breed [g5 p5]

```

Anexo 3: Creación de grupos de nodos.

```

to setup
  clear-all

  set data-list-e []
  set data-list-t []
  set data-list-in []
  set data-list-in []

```

Anexo 4: Función setup.

```

create-g1 number-turtles-z1[
  setxy -70 20
  fd 20;numero de pasos adelante para formar layout circle.
  ;layout-circle turtles (world-width / 10 - 1)
  set shape "circle"
  set color white
  set infected? false
  set size 2
]
;repeat number-decanos-z1 [ ask one-of g1 with[ size = 1 ][set size 4 setxy -70 20 fd 5]]
repeat number-profesores-z1 [ ask one-of g1 with[ size = 2 ][set size 3.5 setxy -70 20 fd 10]]
repeat number-administrativos-z1 [ ask one-of g1 with[ size = 2 ][set size 3 setxy -70 20 fd 15]]

```

Anexo 5: Creación del grupo de tortugas g1.

```

create-g2 number-turtles-z2[
  setxy 0 70
  fd 20
  set shape "circle"
  set color orange
  set infected? false
  set size 2
]
repeat number-profesores-z2 [ ask one-of g2 with[ size = 2 ][set size 3.5 setxy 0 70 fd 10]]
repeat number-administrativos-z2 [ ask one-of g2 with[ size = 2 ][set size 3 setxy 0 70 fd 15]]

```

Anexo 6: Creación del grupo de tortugas g2.

```

create-g3 number-turtles-z3[
  setxy 70 20
  fd 20
  set shape "circle"
  set color blue
  set infected? false
  set size 2
]
repeat number-profesores-z3 [ ask one-of g3 with[ size = 2 ][set size 3.5 setxy 70 20 fd 10]]
repeat number-administrativos-z3 [ ask one-of g3 with[ size = 2 ][set size 3 setxy 70 20 fd 15]]

```

Anexo 7: Creación del grupo de tortugas g3.

```

create-g4 number-turtles-z4[
  setxy 50 -70
  fd 20
  set shape "circle"
  set color yellow
  set infected? false
  set size 2
]
repeat number-profesores-z4 [ ask one-of g4 with[ size = 2 ][set size 3.5 setxy 50 -70 fd 10]]
repeat number-administrativos-z4 [ ask one-of g4 with[ size = 2 ][set size 3 setxy 50 -70 fd 15]]

```

Anexo 8: Creación del grupo de tortugas g4.

```

create-g5 number-turtles-z5[
  setxy -50 -70
  fd 20
  set shape "circle"
  set color magenta
  set infected? false
  set size 2
]
repeat number-profesores-z5 [ ask one-of g5 with[ size = 2 ][set size 3.5 setxy -50 -70 fd 10]]
repeat number-administrativos-z5 [ ask one-of g5 with[ size = 2 ][set size 3 setxy -50 -70 fd 15]]

```

Anexo 9: Creación del grupo de tortugas g5.

```

ask turtles[
  if size = 3.5[
    set credibilidad numero-aleatorio 0 1 1]
  if size = 3[
    set credibilidad numero-aleatorio 0 1 0.5]
  if size = 2[
    set credibilidad numero-aleatorio 0 1 0]
]

```

Anexo 10: Asignación de valores de credibilidad a los agentes según su tipo.

```

if (difusion-tipo-agente = true)[
  ask turtles[
    set difusion random-float 1
  ]
]

if (difusion-tipo-agente = false)[
  ask turtles[
    set difusion numero-aleatorio 0 1 0
  ]
]

```

Anexo 11: Asignación de valores de difusión tanto aleatorio o definido por la distribución triangular.

```

print ("g1")
ask g1 [show (word "Credibilidad: " credibilidad ", Difusion: " difusion ", Size: " size )]
print ("g2")
ask g2 [show (word "Credibilidad: " credibilidad ", Difusion: " difusion ", Size: " size)]
print ("g3")
ask g3 [show (word "Credibilidad: " credibilidad ", Difusion: " difusion ", Size: " size)]
print ("g4")
ask g4 [show (word "Credibilidad: " credibilidad ", Difusion: " difusion ", Size: " size)]
print ("g5")
ask g5 [show (word "Credibilidad: " credibilidad ", Difusion: " difusion ", Size: " size)]

```

Anexo 12: Imprimir valores de credibilidad, difusión y tamaño de los nodos.

```

setup-links-s1-dc average-node-g1-g1 g1 g1
setup-links-s1-dc average-node-g2-g2 g2 g2
setup-links-s1-dc average-node-g3-g3 g3 g3
setup-links-s1-dc average-node-g4-g4 g4 g4
setup-links-s1-dc average-node-g5-g5 g5 g5

setup-links-s1-dc average-node-g1-g2 g1 g2
setup-links-s1-dc average-node-g1-g3 g1 g3
setup-links-s1-dc average-node-g1-g4 g1 g4
setup-links-s1-dc average-node-g1-g5 g1 g5
setup-links-s1-dc average-node-g2-g3 g2 g3
setup-links-s1-dc average-node-g2-g4 g2 g4
setup-links-s1-dc average-node-g2-g5 g2 g5
setup-links-s1-dc average-node-g3-g4 g3 g4
setup-links-s1-dc average-node-g3-g5 g3 g5
setup-links-s1-dc average-node-g4-g5 g4 g5

```

Anexo 13: Llamar a la función para crear links y enviar los parámetros de supernodo de origen y de destino.

```

;infect random individuals
if agente-iniciador = "Profesor" [ask n-of 1 turtles with [size = 3.5][
  set infected? true
  set color red
]]
if agente-iniciador = "Administrativo" [ask n-of 1 turtles with [size = 3][
  set infected? true
  set color red
]]
if agente-iniciador = "Trabajador" [ask n-of 1 turtles with [size = 2][
  set infected? true
  set color red
]]

obtener-valores-agente-infectado

reset-ticks
end

```

Anexo 14: Funcionalidad para elegir iniciador mediante condicionales.

```

to calculate-average-credibility
  let total-credibility 0
  let total-turtles count turtles

  ask turtles [
    set total-credibility total-credibility + credibilidad
  ]

  let average-credibility total-credibility / total-turtles
  print (word "Media de credibilidad: " average-credibility)
end

```

Anexo 15: Calcular media de credibilidad de toda la red.

```

to calculate-average-difusion
  let total-difusion 0
  let total-turtles count turtles

  ask turtles [
    set total-difusion total-difusion + difusion
  ]

  let average-difusion total-difusion / total-turtles
  print (word "Media de Difusion: " average-difusion)
end

```

Anexo 16: Calcular media de difusión de toda la red.

```

to obtener-valores-agente-infectado
  let agente-infectado one-of turtles with [infected?]

  if agente-infectado != nobody [
    let credibilidad-agente [credibilidad] of agente-infectado
    let difusion-agente [difusion] of agente-infectado
    print (word "Credibilidad del agente infectado: " credibilidad-agente)
    print (word "Difusión del agente infectado: " difusion-agente)
    show agente-infectado
    set fuerza-iniciador (credibilidad-agente + difusion-agente) / 2
    set fuerza-rumor (fuerza-iniciador + influencia-rumor) / 2
  ]
end

```

Anexo 17: Obtener valores del primer infectado y calcular la fuerza del rumor.

```

to-report numero-aleatorio [a b c]
  let u random-float 1 ; número aleatorio uniforme
  let x 0
  ifelse u <= (c - a) / (b - a) [ set x a + sqrt(u * (b - a) * (c - a)) ] [ set x b - sqrt((1 - u) * (b - a) * (b - c)) ]
  report x
  ;print u
end

```

Anexo 18: Generar número aleatorio basado en la distribución triangular.

```

to nodos-no-infectados
  let number-nodos-noinfected turtles with [not infected?]
  let n-tno [who] of number-nodos-noinfected
  show n-tno
end

```

Anexo 19: Imprimir los nodos no infectados.

```

to nodos-infectados
  let number-nodos-infected turtles with [infected?]
  let n-tno [who] of number-nodos-infected
  show n-tno
end

```

Anexo 20: Imprimir los nodos infectados.

```

to numero-links-nodo
  let number-links-nodo count [link-neighbors] of turtle num-turtle
  print number-links-nodo
end

```

Anexo 21: Imprimir el número de links del nodo.

```

to punto-interseccion
  if count turtles with [infected?] = count turtles with [not infected?] or count turtles with [infected?] = count turtles with [not infected?] - 1[
    set tick-interseccion ticks
    print word "PUNTO DE INTERSECCION: " tick-interseccion
  ]
end

```

Anexo 22: Imprimir el punto de intersección de la simulación.

```

to imprimir-valores-nodo
  let valorc [credibilidad] of turtle num-turtle
  let valord [difusion] of turtle num-turtle
  let prob-trans [(difusion + credibilidad) / 2] of turtle num-turtle
  print (word "Credibilidad: " valorc " Difusion: " valord " Transmission: " prob-trans)
end

```

Anexo 23: Imprimir los valores de credibilidad y difusión del nodo.

```

to imprimir-nodos
  ask links [
    let origen [end1] of self
    let destino [end2] of self
    print (word "Origen: " origen " -> Destino: " destino)
  ]
end

```

Anexo 24: Imprimir todos los nodos de origen con los nodos de destino.

```

to write-turtles-to-csv
  ask links [
    csv:to-file "Conexiones.csv" [ (list [who] of end1 [who] of end2) ] of links
  ]
end

```

Anexo 25: Exportar las conexiones a un archivo csv.

```

to exportar-nodos
let data-list []
  ask g1 [
    set data-list lput (list "p1" who) data-list
  ]
  ask g2 [
    set data-list lput (list "p2" who) data-list
  ]
  ask g3 [
    set data-list lput (list "p3" who) data-list
  ]
  ask g4 [
    set data-list lput (list "p4" who) data-list
  ]
  ask g5 [
    set data-list lput (list "p5" who) data-list
  ]
  csv:to-file "turtles.csv" data-list
end

```

Anexo 26: Exportar todas las tortugas a un archivo csv.

```

to vecinos
  ask turtle num-turtle [
    show [who] of link-neighbors
  ]
end

```

Anexo 27: Comprobar si existen vecinos infectados.

```

to exportar-data-list
  let data-list-r []
  ;set data-list-r lput list (data-list-e) (data-list-in) data-list-r
  set data-list-r lput data-list-e data-list-r
  set data-list-r lput data-list-in data-list-r
  csv:to-file "data-list.csv" data-list-r
end

```

Anexo 28: Exportar resultados de la simulación tanto el tick como el número de infectados.

```

;Crea links entre agentes.
to setup-links-s1-dc [average-node-glX1-glX2 glX1 glX2]; size-x1 size-x2]
  let links-created (0)
  while [links-created < average-node-glX1-glX2] [
    ask one-of glX1 [
      let choice (one-of (other glX2 with [not link-neighbor? myself]))
      if choice != nobody [create-link-with choice
        set links-created (links-created + 1)]
    ]
  ]
end

```

Anexo 29: Crear links entre los nodos de acuerdo a los valores ingresados en los parámetros.

```

to communicate
  let vecinos-infectados link-neighbors with [ infected? ]
  let infectados-tick-anterior []
  set infectados-tick-anterior turtles with [infected?]
  let etiquetas-infectados-anterior (map [t -> [who] of t] (list infectados-tick-anterior))
  let vec any? link-neighbors with [ infected? ]
  let infectados-este-tick[]
  ;; Al inicio del tick, almacenar el número actual de infectados en num-infectados-anterior
  set num-infectados-anterior count turtles with [ infected? ]
  let random-val1 random-float 1
  let random-val2 random-float 1

```

Anexo 30: Inicio de la función “communicate” donde se definen las variables que se van a usar.

```

if vec[
  let vecino-infectado one-of vecinos-infectados ; Tomar un vecino infectado al azar
  let credibilidad-vecino [credibilidad] of vecino-infectado
  let difusion-vecino [difusion] of vecino-infectado
  if (agentes-informados = false)[
    if (f-iniciador = false) [
      if random-val1 < (difusion-vecino + credibilidad-vecino) / 2 and random-val2 < influencia-rumor [
        set infected? true
        set color red
      ]
    ]
  ]
  if (f-iniciador = true) [
    if random-val1 < (difusion-vecino + credibilidad-vecino) / 2 and random-val2 < fuerza-rumor[
      set infected? true
      set color red
    ]
  ]
]
]

```

Anexo 31: Primera parte de las condiciones para la comunicación donde se evalúan los distintos parámetros ingresados en la interfaz gráfica para de acuerdo a eso proceder son un tipo de comunicación.

```

if (agentes-informados = true)[
  if (f-iniciador = false)[
    if random-val1 < (difusion-vecino + credibilidad-vecino) / 2 and random-val2 < influencia-rumor and size = 3.5[
      set fuerza-rumor (fuerza-rumor * 0.9)
      set infected? true
      set color red
    ]
    if random-val1 < (difusion-vecino + credibilidad-vecino) / 2 and random-val2 < influencia-rumor and size = 3[
      set fuerza-rumor (fuerza-rumor * 0.95)
      set infected? true
      set color red
    ]
    if random-val1 < (difusion-vecino + credibilidad-vecino) / 2 and random-val2 < influencia-rumor and size = 2[
      set infected? true
      set color red
    ]
  ]
]

if (f-iniciador = true) [
  if random-val1 < (difusion-vecino + credibilidad-vecino) / 2 and random-val2 < fuerza-rumor and size = 3.5[
    set fuerza-rumor (fuerza-rumor * 0.9)
    set infected? true
    set color red
  ]
  if random-val1 < (difusion-vecino + credibilidad-vecino) / 2 and random-val2 < fuerza-rumor and size = 3[
    set fuerza-rumor (fuerza-rumor * 0.95)
    set infected? true
    set color red
  ]
  if random-val1 < (difusion-vecino + credibilidad-vecino) / 2 and random-val2 < fuerza-rumor and size = 2[
    set infected? true
    set color red
  ]
]
]
]

```

Anexo 32: Segunda parte de las condiciones para la comunicación donde se evalúan los distintos parámetros ingresados en la interfaz gráfica para de acuerdo a eso proceder son un tipo de comunicación.

```

;; Verificar si el número de infectados ha aumentado con respecto al tick anterior
if count turtles with [ infected? ] > num-infectados-anterior [
  set ultimo-tick-infectados-aumentaron ticks
  print (word "Último tick en el que el número de infectados aumentó: " ultimo-tick-infectados-aumentaron ", Numero de infectados: " count turtles with [ infected?])
  set data-list-t ultimo-tick-infectados-aumentaron
  set data-list-i count turtles with [ infected?]
  set data-list-in lput data-list-i data-list-in
  set data-list-e lput data-list-t data-list-e
  ;print data-list-t
  ;print data-list-e
  let infectados-ultimo-tick turtles with [infected?]
  let etiquetas-infectados (map [t -> [who] of t] (list infectados-ultimo-tick))
  concat etiquetas-infectados-anterior etiquetas-infectados
  ;print (word "Nodos infectados en este tick: " etiquetas-infectados)
  punto-interseccion
]
end

```

Anexo 33: Conteo de la cantidad de infectados para generar retroalimentación de los infectados en tiempo real durante la simulación y final de la función "communicate".

```

to concat [l1 l2]
  let list1 item 0 l1
  let list2 item 0 l2
  let g1-sin-comunes filter [[elem] -> not comunes elem list1] list2
  print g1-sin-comunes
end

to-report comunes [elem lista]
  report member? elem lista
end

```

Anexo 34: Creación de lista con infectados nuevos.

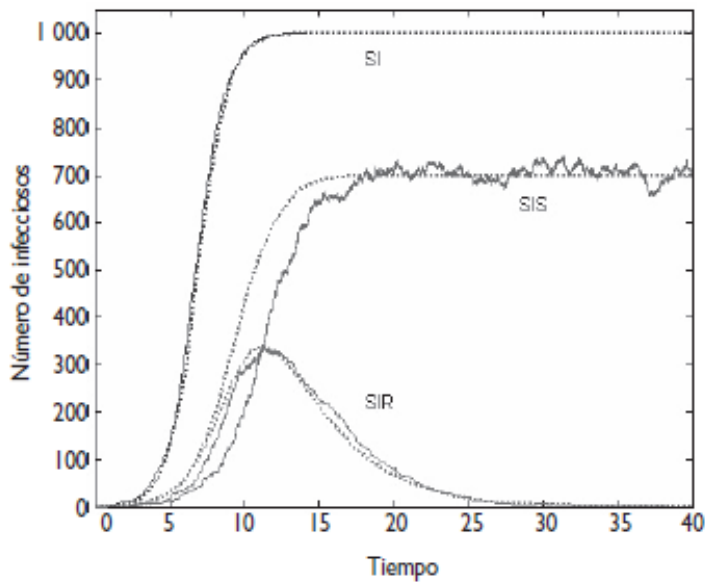
```

to step
  ask turtles [ communicate ]
  tick
end

to go
  ask turtles [communicate]
  if all? turtles [ infected? ] [ stop ]
  tick
end

```

Anexo 35: Funciones para el iniciar de la simulacion.



Los parámetros utilizados para el modelo SI son  $n=1\ 000$  y  $\lambda=1$ ; para los modelos SIS y SIR son  $n=1\ 000$ ,  $\lambda=1$  y  $\mu=0.3$

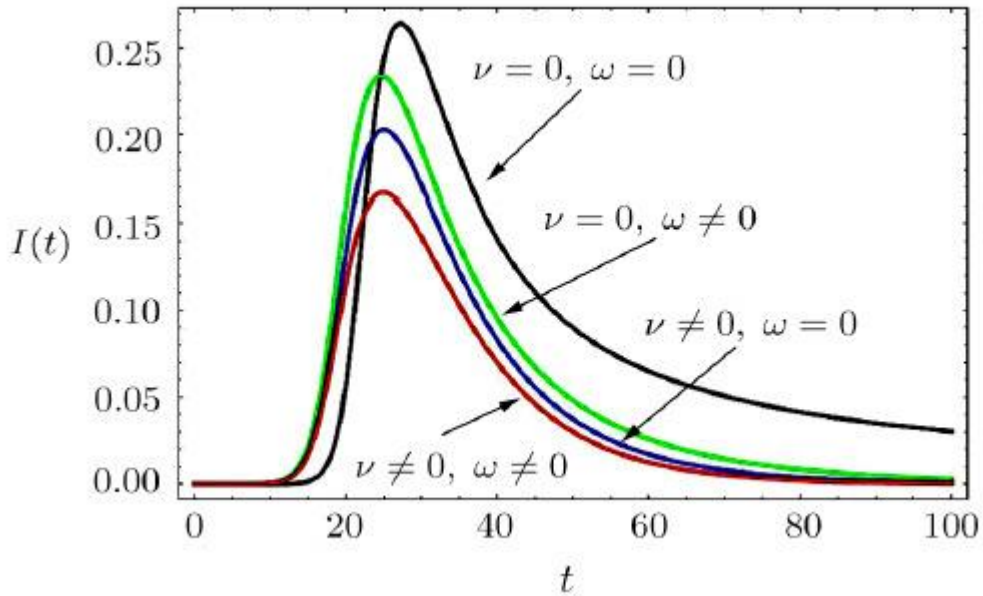
Anexo 36: Resultados de la modelación y simulación de un sistema de difusión de una infección en un modelo SI,

Fuente: Antonio Montesinos-López et al, Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas

**GROUP INVOLVEMENT AND GROUP STRUCTURE AND THEIR EXPECTED  
EFFECTS ON RUMOR TRANSMISSION**

<i>Involvement</i>	<i>Group Structure</i>	<i>Tellings</i>	<i>Repetitions</i>	<i>Pattern</i>
High	Close	Many	Many	Intense network
High	Diffuse	Many	Sporadic	Largely chains, a few small nets
Low	Close	A few	Almost none	A few small chains and nets
Low	Diffuse	Almost none	None	Very short chains

*Anexo 37: Efectos de la transmisión del rumor de acuerdo a su impacto. Fuente: Buckner H, American Association for Public Opinion Research A Theory of Rumor Transmission.*



*Anexo 38: Resultados de la aplicación de varios mecanismos de mitigación en un modelo SIR de transmisión de rumores, Fuente: Dong S, Huang Y, A Class of Rumor Spreading Models with Population Dynamics.*