

# Adicción a Redes Sociales: Un Modelo Matemático

Valeria Garro, Juan J. Masís, Greivin J. Alarcón, Camilo D. Campos,  
Jorge A. Castro, Juan M. León, Fabio Sanchez

22 de septiembre de 2023

## Resumen

El artículo presenta un modelo de dinámica social para el estudio de la adicción a las redes sociales, basado en los modelos matemáticos SIR (Susceptibles-Infectados-Recuperados). El modelo considera cinco categorías de individuos: inmunes, susceptibles, adictos, controlados y recuperados. Además, se tiene en cuenta la posibilidad de generar una nueva adicción. El objetivo principal es analizar cómo se transmite y desarrolla la adicción a las redes sociales en una población determinada. Los individuos susceptibles pueden volverse adictos tras la exposición a las redes sociales e interacción con personas que ya son adictas, mientras que los adictos pueden controlarse hasta alcanzar la recuperación o experimentar nuevamente la adicción a las redes. El modelo considera factores como influencia social e interacción entre individuos. Los resultados obtenidos proporcionan una visión de cómo se propaga la adicción a las redes sociales en una población bajo ciertas condiciones. Estos hallazgos podrían ser útiles para tomar decisiones que promuevan la prevención y el tratamiento de la adicción a las redes sociales.

**Palabras clave:** Adicción, redes sociales, modelo matemático, dinámica social

## 1. Introducción

En la actualidad, las redes sociales han adquirido un uso frecuente e importante para las actividades cotidianas de las personas, naciendo de la necesidad de comunicarnos y compartir unos con otros [5]; este mismo hecho puede llegar a convertirse en una adicción a estos medios. Por lo que, si tenemos en cuenta lo que expresa Parra Castrillón, citado por Marañón [5], se puede deducir que estas “redes sociales también se encuentran dentro de los hábitos de los estudiantes universitarios, quienes no van a las redes para sus indagaciones académicas, sino para fines personales y en búsqueda de satisfacer algunas de sus necesidades”. De esto se infiere que los estudiantes universitarios son susceptibles a desarrollar una adicción a estos medios; y es de esta problemática de donde surge el tema de investigación.

Los autores en Abi et al. [1] viendo esta misma problemática y la incidencia que tiene la opción de compartir contenido de vídeo e imágenes, lograron trabajar con un sistema  $SEI_1I_2R$ , para ver el comportamiento de las personas con respecto a la utilización de la red social TikTok que, junto con Instagram, supone la referencia con base en la que se

realiza el estudio, con el fin de tener un panorama más extenso sobre las redes sociales utilizadas por la población universitaria. El proyecto de estos autores presenta un diagrama de flujo similar al modelo HSACR, propuesto en este proyecto. Asimismo, otros estudios [2, 6, 7, 8], investigan problemática similares -adicción a redes sociales- y otros expresan datos matemáticos similares y aspectos a considerar en la investigación [3, 4] que otorgan validez al estudio en cuestión.

Considerando lo anterior, se propone el modelo de investigación de adicción a redes sociales con el objetivo de analizar el comportamiento del fenómeno de esta adicción (particularmente Instagram y TikTok) por parte de una población universitaria específica a través de un modelo de dinámica social. El documento consta de una sección descriptiva del modelo matemático y de la metodología de la investigación; luego, se presenta una sección de resultados obtenidos y teoremas sobre la población, puntos de equilibrio, número básico reproductivo y simulaciones del modelo. Finalmente, se adjunta un apartado de discusiones de limitaciones y oportunidades de mejora.

## 2. Modelo matemático

En esta sección, se presenta el modelo matemático para el estudio de la dinámica de adicción a redes sociales por parte de estudiantes universitarios. El modelo que se propone posee una población ( $N$ ) asintóticamente constante (prueba en sección de Resultados). La población en estudio comprende a estudiantes universitarios que tienen entre 17 y 27 años, tomando en cuenta únicamente a las personas que utilizan las redes sociales para entretenimiento y ocio. Este modelo divide al grupo en estudio en cinco compartimentos:

1. La clase inmune ( $H$ ) corresponde a las personas que no responden a la adicción a redes y que, por factores sociales, académicos y/o personales, no vuelven a un estado de susceptibilidad debido a que el tiempo de permanencia en la universidad es de aproximadamente 5 años.
2. La población susceptible ( $S$ ), corresponde a aquellas personas que aún no presentan la adicción a las redes sociales y podrían desarrollarla sin considerar la transmisión vertical. Una persona susceptible puede volverse inmune debido a situaciones económicas (becas, precios de cursos) y personales (estrés académico).
3. La población adicta ( $A$ ) es denominada como “clase infecciosa”; es decir, mediante la interacción social de personas susceptibles con estas personas, se puede desarrollar un nuevo caso de adicción<sup>1</sup>.
4. Las personas controladas ( $C$ ) son las que buscan ayuda o logran controlar, parcialmente, los períodos de uso de las redes sociales y/o están en un proceso de recuperación, pero pueden volver a caer en la clase adicta.

---

<sup>1</sup>NOTA: No se consideran como adictos aquellos estudiantes que utilizan las redes sociales para administrar sus emprendimientos, trabajar o realizar actividades académicas, aquí se toma en cuenta la diferencia entre el tiempo de uso de las redes y la funcionalidad que tienen las mismas para el estudiantado.

5. Finalmente, los recuperados ( $R$ ) completaron su proceso de recuperación, logran controlar los períodos de uso de las redes y no tienen una dependencia, pero pueden volver a caer en una adicción.

Dicho esto, al analizar cómo se comporta la adicción a redes sociales dada una tasa de adicción, se construye el siguiente diagrama:

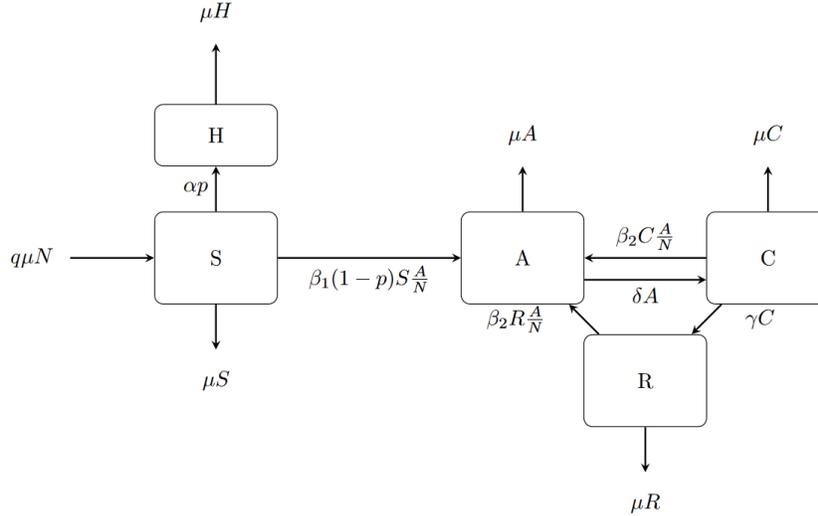


Figura 1: Diagrama de flujo.

Los parámetros son los siguientes:

Tabla 1: Definición de parámetros

Parámetros	Definición
$\alpha$	Tasa de inmunidad
$\mu$	Tasa de tiempo promedio en la universidad
$\beta_1$	Tasa de uso de las personas susceptibles a la adicción
$\beta_2$	Tasa de uso de las personas controladas
$\delta$	Tasa de restricción de uso
$\gamma$	Tasa de recuperación
$p$	Porcentaje de la población universitaria inmune a la adicción
$q$	Porcentaje de la población universitaria susceptible a la adicción

Se considera solo un porcentaje de la población que ingresa a la universidad (para esto, se utiliza el factor reductor  $q$ ). Estas personas pueden ser inmunes ( $H$ ), bajo un porcentaje de inmunidad  $p$ , o susceptibles ( $S$ ). De esta clase, pueden volverse adictas a las redes sociales ( $A$ ) debido a una interacción con individuos en dicho estado o por influencia social<sup>2</sup>. Asimismo, las personas adictas pueden controlarse a través de apoyo de amigos o familiares, aplicaciones restrictivas o decisiones propias, disminuyendo el uso de las redes sociales para pasar a la

<sup>2</sup>NOTA: Se excluye del estudio a la población que se vuelve adicta de forma autónoma, ya que el objetivo de estudio es la transmisión de esta adicción por medio de la dinámica social.

clase controlada ( $C$ ), en donde permanecen un tiempo hasta considerarse como parte del grupo de recuperados ( $R$ ). Sin embargo, tanto los controlados como los recuperados pueden sufrir una readicción a las redes.

Siguiendo lo expuesto, se presenta el sistema de ecuaciones diferenciales no lineales:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dH}{dt} = \alpha p - \mu H \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS}{dt} = \mu(qN - S) - \beta_1(1-p)S\frac{A}{N} - \alpha p \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dA}{dt} = \beta_1(1-p)S\frac{A}{N} - (\mu + \delta)A + \beta_2\frac{A}{N}C + \frac{A}{N}R \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC}{dt} = \delta A - \beta_2C\frac{A}{N} - (\mu + \gamma)C \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dR}{dt} = \gamma C - \mu R - \beta_2R\frac{A}{N} \end{array} \right. \quad (5)$$

## 2.1. Metodología

Este escrito se enfoca en la construcción de un modelo de dinámica social relacionado con la adicción a las redes sociales, en específico TikTok e Instagram, en personas universitarias de la edad de los 17 a los 27 años. Para ello, se utiliza un modelo basado en el modelo Inmune, Susceptible, Infectado de primera etapa, Infectado de segunda etapa, Recuperado ( $MSI_1I_2R$ ). Se lleva a cabo un análisis de los puntos de equilibrio presentes en el modelo y se evalúa su estabilidad. Además, se calculan tanto los puntos de equilibrio como el número básico reproductivo ( $R_0$ ) utilizando los programas Matlab y Mathematica, mientras que los modelos de simulación se implementan mediante el software Python. Por último, se presentan los resultados de todo el análisis realizado en este documento.

## 3. Resultados

### 3.1. Sobre la Población

**Teorema 3.1.** La población  $N$  es asintóticamente constante.

**Prueba.** En efecto, note que:

$$N = H + S + A + C + R \iff \frac{dN}{dt} = \frac{dH}{dt} + \frac{dS}{dt} + \frac{dA}{dt} + \frac{dC}{dt} + \frac{dR}{dt}$$

$$\frac{dN}{dt} = -\mu H + \mu q N - \mu S - \mu A - \mu C - \mu R = -\mu(H + S + A + C + R) + \mu q N = -\mu N + \mu q N$$

$$\Rightarrow \frac{dN}{dt} = \mu N(q - 1) \quad (1)$$

Resolviendo la ecuación diferencial (1) y aplicando el límite se obtiene que

$$\lim_{t \rightarrow \infty} N = \lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\mu(1-q)t} = 0$$

Concluyendo así el resultado. □

### 3.2. Puntos de equilibrio

El punto de equilibrio en el que se tiene un estado libre de adicción (*ELA*) para el sistema corresponde a:

$$(H^*, S^*, A^*, C^*, R^*) = \left( \frac{\alpha p}{\mu}, qN - \frac{\alpha p}{\mu}, 0, 0, 0 \right)$$

Por otro lado, en cuanto al otro punto de equilibrio adictivo (comparado con el equilibrio endémico en los modelos SIR), se encontraron algunas limitaciones, puesto que se intentó resolver el sistema paso a paso, desarrollando el álgebra necesario, pero no se encontraba la forma explícita del punto, por lo que se utilizaron sistemas de software como Mathematica y MATLAB; sin embargo, la estrategia tampoco brindó resultados directos (en el caso de MATLAB, truncó la respuesta porque se alcanzó el número máximo de líneas, por lo que no se obtuvo la respuesta concreta). Así, se concluye que no se puede deducir el punto de Equilibrio del equilibrio adictivo.

### 3.3. Número Básico Reproductivo

Para encontrar el  $R_0$  se utiliza el **Next Generation Operator**, por lo que interesa identificar las clases que suponen una adicción. Así,  $X = [A \ C \ R]^t$  - que corresponde a las variables relacionadas con la adicción a redes sociales - y  $Y = [S \ H]^t$  - que considera a las variables restantes.

Por otro lado, se escribe el sistema:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = \mathcal{F}(X, Y) - \mathcal{V}(X, Y) \\ \frac{dY}{dt} = \mathcal{W}(X, Y) \end{cases}$$

donde, se determina  $\mathcal{F}(X, Y)$ , relacionado a los términos asociados a nuevas adicciones y  $\mathcal{V}(X, Y)$  que contiene aquellos términos restantes. De esta forma:

$$\mathcal{F}(X, Y) = \begin{bmatrix} \beta_1(1-p)S \frac{A}{N} + \beta_2 C \frac{A}{N} + \beta_2 R \frac{A}{N} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad \mathcal{V}(X, Y) = \begin{bmatrix} (\mu + \delta)A \\ (\mu + \gamma)C - \delta A \\ \mu R - \gamma C \end{bmatrix}.$$

Por otro lado, tomando en cuenta el punto  $ELA = (H^*, S^*, A^*, C^*, R^*) = \left(\frac{\alpha p}{\mu}, qN - \frac{\alpha p}{\mu}, 0, 0, 0\right)$

$$F = \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial X} \Big|_{ELA} = \begin{pmatrix} \frac{\beta_1(1-p)S}{N} + \frac{\beta_2 C}{N} + \frac{\beta_2 R}{N} & \frac{\beta_2 R}{N} & \frac{\beta_2 A}{N} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \Big|_{ELA} = \begin{pmatrix} \frac{\beta_1(1-p) \left(qN - \frac{\alpha p}{\mu}\right)}{N} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Asimismo, considerando  $ELA = (H^*, S^*, A^*, C^*, R^*) = \left(\frac{\alpha p}{\mu}, qN - \frac{\alpha p}{\mu}, 0, 0, 0\right)$

$$V = \frac{\partial \mathcal{V}}{\partial X} \Big|_{ELA} = \begin{pmatrix} \mu + \delta & 0 & 0 \\ -\delta & \mu + \gamma & 0 \\ 0 & -\gamma & \mu \end{pmatrix} \Big|_{ELA} = \begin{pmatrix} \mu + \delta & 0 & 0 \\ -\delta & \mu + \gamma & 0 \\ 0 & -\gamma & \mu \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow V^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\mu + \delta} & 0 & 0 \\ \frac{\delta}{(\mu + \delta)(\mu + \gamma)} & \frac{1}{\mu + \gamma} & 0 \\ \frac{\delta \gamma}{\mu(\mu + \delta)(\mu + \gamma)} & \frac{\gamma}{\mu^2 + \mu \gamma} & \frac{1}{\mu} \end{pmatrix} \Rightarrow FV^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{\beta_1(1-p)(qN\mu - \alpha p)}{N\mu(\mu + \delta)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Finalmente, calculando el polinomio característico y los valores propios dominantes de  $FV^{-1}$ , se obtienen 0 y un valor distinto que será el  $R_0$ . Este candidato corresponde a:

$$R_0 = \beta_1(1-p) \cdot \frac{1}{\mu + \delta} \cdot \left(q - \frac{\alpha p}{\mu N}\right)$$

Analizando los factores del  $R_0$ , se puede ver que  $\beta_1(1-p)$  es el porcentaje de población susceptible que pasa a ser adicta. Por otro lado,  $(\mu + \delta)^{-1}$  representa la tasa del periodo de adicción de estas personas susceptibles. Finalmente,  $\left(q - \frac{\alpha p}{\mu N}\right)$  supone el porcentaje de personas que contribuyen a generar una nueva adicción.

### 3.4. Estabilidad del punto de equilibrio

**Teorema 3.2.** El punto de equilibrio  $(H^*, S^*, A^*, C^*, R^*) = \left(\frac{\alpha p}{\mu}, qN - \frac{\alpha p}{\mu}, 0, 0, 0\right)$  es localmente asintóticamente estable cuando  $R_0 < 1$ .

**Prueba.** La linealización del modelo viene dada por:

$$J = \begin{pmatrix} -\mu & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\mu - \beta_1(1-p)\frac{A}{N} & \beta_1(1-p)\frac{S}{N} & 0 & 0 \\ 0 & -\beta_1(1-p)\frac{A}{N} & \beta_1(1-p)\frac{S}{N} - \delta - \mu + \frac{\beta_2(C+R)}{N} & -\beta_2\frac{A}{N} & -\beta_2\frac{A}{N} \\ 0 & 0 & \beta_2\frac{C}{N} & -\beta_2\frac{A}{N} - \gamma - \mu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma & -\mu - \beta_2\frac{A}{N} \end{pmatrix}$$

Evaluando  $(H^*, S^*, A^*, C^*, R^*) = \left(\frac{\alpha p}{\mu}, qN - \frac{\alpha p}{\mu}, 0, 0, 0\right)$  en la Jacobiana se obtiene:

$$J = \begin{pmatrix} -\mu & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\mu & \frac{\beta_1(1-p)\left(qN - \frac{\alpha p}{\mu}\right)}{N} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\beta_1(1-p)\left(qN - \frac{\alpha p}{\mu}\right)}{N} - \delta - \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\gamma - \mu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma & -\mu \end{pmatrix} \quad (2)$$

Considerando la matriz (2), se obtiene el polinomio característico:

$$\frac{1}{\mu N}(-\lambda - \mu)(-\gamma - \lambda - \mu)(\mu^3 N + 2\lambda\mu^2 N + \lambda^2\mu N) \left( \frac{\beta_1(1-p)\left(qN - \frac{\alpha p}{\mu}\right)}{N} - \delta - \lambda - \mu \right)$$

cuyos valores propios corresponden a:

$$\lambda_{1,2,3} = -\mu < 0 \quad \lambda_4 = -\gamma - \mu < 0$$

$$\lambda_5 = \frac{\beta_1(1-p)\left(qN - \frac{\alpha p}{\mu}\right)}{N} - \delta - \mu \Rightarrow R_0 \cdot (\mu + \delta) - \delta - \mu < 0, \text{ cuando } R_0 < 1.$$

Concluyendo así el resultado. □

### 3.5. Simulaciones numéricas

Se considera una población  $N$  de 100000 estudiantes y un  $\mu$  de cinco años. Un porcentaje  $p$  de inmunidad del 10 % y para el factor reductivo  $q$ , un valor del 90 % de aceptación. Para las condiciones iniciales, se toman cero personas inmunes, 99999 susceptibles y un estudiante que presenta adicción.

#### 3.5.1. Caso 1: Tiempo de recuperación superior al de readicción

Para el primer escenario, se utiliza  $\beta_1 = 0,5$  que representa dos días, el tiempo para que una persona susceptible presente la primera adicción; una persona adicta entra en un proceso de control o restricción de uso en seis días, es decir  $\delta = 0,17$ . Asimismo,  $\beta_2 = 0,25$ , pues se plantea que una persona controlada puede recaer en cuatro días; por otro lado,  $\gamma = 0,25$  una persona controlada se considera recuperada en cuatro días. Para el valor de  $\alpha = 0,2$  un individuo susceptible se considera inmune en cinco días.

En el gráfico se puede observar un incremento de las personas adictas porque la primera adicción es rápida y la recuperación total es similar a una readicción, pero este valor va a dominar. De esto, se puede concluir un punto crítico en el que la población adicta supere los 40000 casos; sin embargo, cuando las personas se recuperen, como la tasa de readicción es baja, se alcanzará un punto de equilibrio en el que se mantenga un movimiento constante entre las personas adictas y las controladas, así como el caso en que las personas recuperadas recaigan en la adicción (no adjunta en la figura). Considerando lo anterior, se pueden tomar acciones de control que permitan a la población estudiantil restringirse por más tiempo para evitar la readicción y que el número de personas recuperadas aumente, disminuyendo los efectos de la adicción a redes sociales en el desarrollo académico estudiantil.

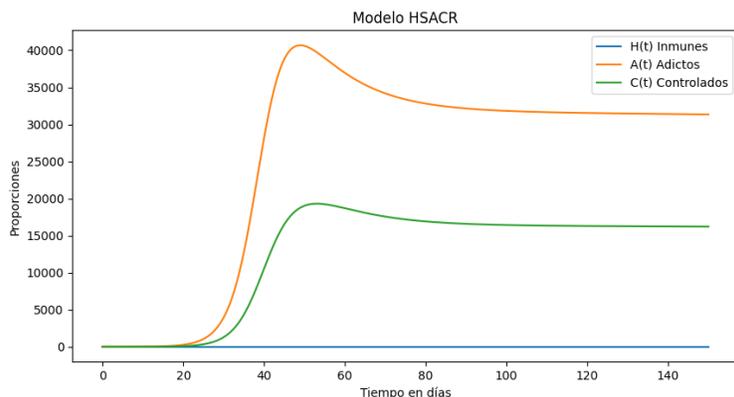


Figura 2: Tiempo de recuperación mayor al tiempo de readicción.

Para  $\beta_1 = 0,5$ ;  $\delta = 0,17$ ;  $\beta_2 = 0,25$ ;  $\gamma = 0,25$ ;  $\alpha = 0,2$ ;  $\mu = (365 \cdot 5)^{-1}$  ya que el tiempo transcurre en días en la simulación y se hace la conversión,  $p = 0,10$ ;  $q = 0,90$  y  $N = 100000$ . Condiciones iniciales:  $H_0 = 0$ ,  $S_0 = 999999$ ,  $A_0 = 1$ ,  $C_0 = 0$ ,  $R_0 = 0$ .

### 3.5.2. Caso 2: Mucho tiempo en control, poco para recaer

Para la segunda simulación, se consideran  $\beta_1 = \beta_2 = 0,33$  considerando un periodo de adicción y readicción de tres días;  $\delta = 0,11$  representado por un lapso de nueve días de restricción de uso;  $\gamma = 0,125$  el tiempo de recuperación de ocho días;  $\alpha = 0,03$  como un periodo de inmunidad de 30 días y los demás valores se mantienen iguales (ver descripción de la figura 3).

De aquí se puede deducir que en un periodo de 60 días, el modelo indica un incremento considerable en el número de estudiantes adictos, ya que es más fácil recaer en la adicción en lugar de alcanzar una recuperación debido al lapso dado. Esta representación se asemeja al contexto real, ya que es muy común que exista un descontrol en el uso de las redes sociales, lo que conlleva a un crecimiento importante de la población adicta, mientras que aquellos que logran controlarse son una minoría, pues siempre habrá un menor tiempo de readicción. En el día 70, aproximadamente, se alcanza un punto de equilibrio en una gran cantidad de los individuos totales  $N$  ya son adictos, por lo que el número de personas controladas es bajo; de hecho, si se incluye la curva de la población recuperada, es aún menor que la de los estudiantes en control.

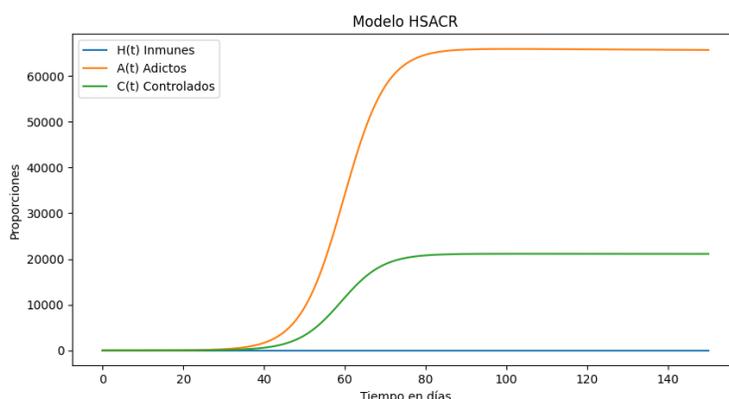


Figura 3:  $\delta > \gamma$  - Mayor control que recuperación.

Para  $\beta_1 = \beta_2 = 0,33$ ;  $\delta = 0,11$ ;  $\gamma = 0,125$ ;  $\alpha = 0,03$ ;  $\mu = (365 \cdot 5)^{-1}$  ya que el tiempo transcurre en días en la simulación y se hace la conversión,  $p = 0,10$ ;  $q = 0,90$  y  $N = 100000$ . Condiciones iniciales:  $H_0 = 0$ ,  $S_0 = 999999$ ,  $A_0 = 1$ ,  $C_0 = 0$ ,  $R_0 = 0$ .

### 3.5.3. Caso 3: Tiempo de Recuperación predominante sobre otros parámetros

En esta simulación se toma  $\beta_1 = 0,5$  utilizando un periodo de primera adicción de dos días; por otro lado, se tiene  $\beta_2 = 0,16$  con un periodo de readicción de seis días ;  $\delta = 0,2$  con el periodo de control siendo de cinco días; se usa  $\gamma = 0,25$  por un lapso de cuatro días para recuperarse y pasar del compartimiento de Controlados al de Recuperados; finalmente  $\alpha = 0,5$  se adquiere una inmunidad luego de dos días.

Note que en la simulación se utilizan valores de tiempo menores en cuanto a una recuperación con respecto al periodo de readicción, tanto del compartimento de Controlados como para el de Recuperados. La curva de Controlados es más baja que la de Adictos, pues recibe personas cada cinco días, pero de ella salen personas cada tres días. La población, a largo plazo, tendrá cero personas adictas (como se puede ver en el día 200). Este es el caso óptimo en donde la adicción a las redes sociales supone un factor pasajero, ya que aunque puede haber casos de readicción, es más probable una situación en la que la persona se recupere. En este escenario, la población en estudio desarrollará una adicción a las redes sociales debido al poco periodo asignado a  $\beta_1$ , pero como el resto del proceso es más rápido para que estas personas se recuperen, entonces la curva de la población recuperada asciende a más de 80000 personas. Aunque esto no se encuentra en el gráfico, se puede deducir fácilmente, puesto que la población adicta y controlada se reduce a cero con el paso del tiempo.

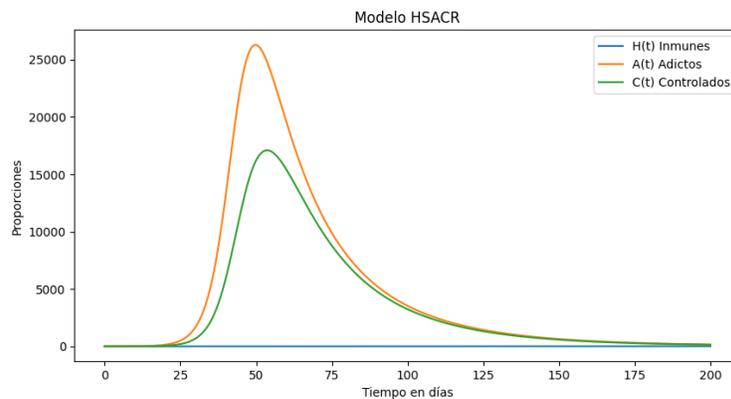


Figura 4:  $\delta > \gamma$  - Mayor control que recuperación.

Para  $\beta_1 = 0,5$ ;  $\beta_2 = 0,16$ ;  $\delta = 0,2$ ;  $\gamma = 0,25$ ;  $\alpha = 0,5$ ;  $\mu = (365 \cdot 5)^{-1}$  ya que el tiempo transcurre en días en la simulación y se hace la conversión,  $p = 0,10$ ;  $q = 0,90$  y  $N = 100000$ . Condiciones iniciales:  $H_0 = 0$ ,  $S_0 = 999999$ ,  $A_0 = 1$ ,  $C_0 = 0$ ,  $R_0 = 0$ .

### 3.5.4. Caso 4: Entorno controlado

En este caso, se presentan los valores  $\beta_1 = 0,5$  un lapso de dos días para presentar la primera adicción;  $\beta_2 = 0,2$  un periodo de cinco días para presentar una readicción (sea de recuperados o controlados); por otro lado,  $\gamma = 0,06$  considera 15 días para poder recuperarse y pasar de población Controlada a Recuperada; asimismo,  $\delta = 0,16$  define un tiempo de control por seis días; finalmente,  $\alpha = 0,25$  establece cuatro días para adquirir la inmunidad.

Para esta simulación, se plantea una situación en la que se controla a la población; este es uno de los escenarios con mayor probabilidad de ocurrir en el contexto real, ya que se produce una adicción rápidamente que se propaga entre la población estudiantil que, por motivos académicos, sociales o de otro tipo, pueden verse en la necesidad de controlar o restringir el uso de las redes sociales (exceso de trabajos asignados, por ejemplo). En la figura 5 se puede apreciar cómo se tiene un alto número de población adicta en los primeros 50 días, pero luego se reduce debido al aumento de medidas restrictivas para mantener este comportamiento hasta alcanzar el punto de equilibrio, aproximadamente, en el día 125.

Este comportamiento de las curvas se evidencia en el cálculo del  $R_0$ , que es igual a 2,40, lo que significa que la adicción a las redes sociales persistirá, pero no será tan significativa como lo es en los primeros meses. Asimismo, cuando en el día 50 se tiene un mismo número de adictos y controlados, se observa que el dominio cambia y es ahora de este segundo grupo, ya que el periodo de control es superior al de una readicción y el número de adictos disminuye y no puede generar nuevos casos de personas adictas.

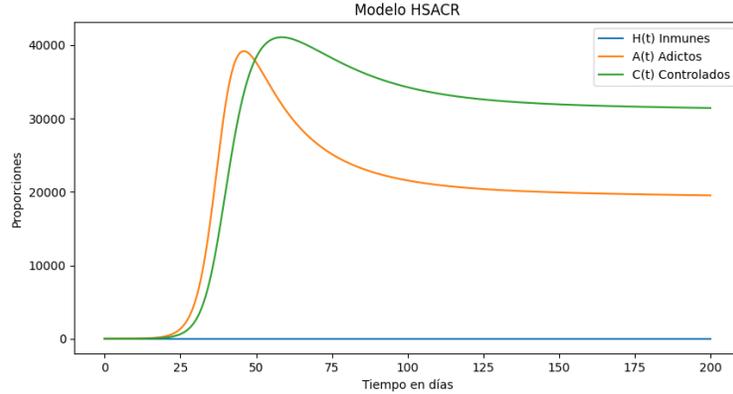


Figura 5: Entorno controlado

Para  $\beta_1 = 0,5$ ;  $\beta_2 = 0,2$ ;  $\gamma = 0,06$ ;  $\delta = 0,16$ ;  $\alpha = 0,25$ ;  $\mu = (365 \cdot 5)^{-1}$  ya que el tiempo transcurre en días en la simulación y se hace la conversión,  $p = 0,10$ ;  $q = 0,90$  y  $N = 100000$ . Condiciones iniciales:  $H_0 = 0$ ,  $S_0 = 999999$ ,  $A_0 = 1$ ,  $C_0 = 0$ ,  $R_0 = 0$ .

## 4. Discusión

Se propone el modelo matemático para llevar a cabo un análisis sobre la población universitaria de la edad de los 17 a los 27 años, sobre el uso de las redes sociales, en este caso limitándolo solamente a las aplicaciones de Tik Tok e Instagram. El modelo establece desde un inicio a las personas que llegan a ser inmunes y las que por diferentes razones comienzan un abuso inadecuado de las redes. Es por eso que se establecieron los parámetros para la interpretación sobre una población con adicción a las redes sociales.

De las simulaciones planteadas, se resalta la segunda, ya que con la demanda tecnológica actual y los avances científicos que se han logrado, lastimosamente el uso que se le brinda se redirigen hacia el entretenimiento, las personas le dan un mal empleo, es decir, hay un abuso inadecuado el cual conlleva a diferentes aspectos negativos en la vida de quien las usa. Indicamos los casos en el que  $\beta_1$  y  $\beta_2$  aumentan la cantidad de adictos y como  $\gamma$  y  $\delta$  ayudan a que hayan más personas controladas y recuperadas de las redes sociales

Asimismo, a través del cálculo realizado con respecto al punto de equilibrio endémico, destacamos varias limitaciones por sus extensas operaciones para realizar los despejes, de forma que con el uso de softwares matemáticos como MATLAB, dan resultados incompletos o truncados. Por lo que una modificación en el sistema de ecuaciones diferenciales puede ayudar a resumir y establecer un mejor acercamiento al resultado del punto de equilibrio endémico.

Por consiguiente, las investigaciones de índole social deben de considerar diferentes factores sociales, por lo que se tuvo que delimitar a grandes rasgos para evitar cualquier ambigüedad presente. Al ser un primer modelo propuesto para dicho estudio de interés, se pueden considerar mejoras y factores para una investigación más cercana a la realidad universitaria; es decir, plantear una metodología de recolección de datos por medio de cuestionarios o por medio de entrevistas cortas, participación de conferencias que planteen estas problemáticas, búsquedas de bibliografías o referencias científicas sobre modelos.

Por otro lado, es oportuno considerar la opción de entrevistar a profesionales en la materia de estudio y que puedan aportar al modelo, de manera que se podrán determinar más elementos o componentes para expandir el estudio. Por lo que, dependiendo de la estructura del modelo, se pueden agregar más parámetros o compartimentos para obtener resultados más precisos y con datos reales; por ejemplo, agregar un grupo de población adicta fuera del entorno universitario. Finalmente, cabe destacar la importancia del uso de sistemas de software y otros instrumentos tecnológicos como MATLAB, Python, Mathematica, entre otros, que ayuden a realizar los cálculos y representar las simulaciones del modelo propuesto.

## Referencias

- [1] Maria M. Abi, Elinora N. Bano, Leonardus F. Obe, and Fried M.A. Blegur. Pemodelan matematika dan simulasi kecanduan media sosial tiktok tipe  $sei_1i_2r$ . *J. DIFERENSIAL/E*, 5(1):43–55, 2023. doi: doi.org/10.1088/17426596/1918/4/042024.
- [2] Haileyesus Tessema Alemnehb and Negesse Yizengaw Alemu. Mathematical modeling with optimal control analysis of social media addiction. *KeAi Chinese Roots Global Impact*, (6):405–409, 2021. doi: doi.org/10.1016/j.idm.2021.01.011.
- [3] Azwan Anwar, Rahmat Syam, Muh. Isbar Pratama, and Syafruddin Side. Seirs model analysis for online game addiction problem of mathematics students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918:1–6, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1918/4/042024.
- [4] César Cambroneró González. *Modelización de problemas dinámicos mediante ecuaciones diferenciales ordinarias*. PhD thesis, Universidad de Santiago de Compostela, 2020-2021.
- [5] Carlos Oliva Marañón. Redes sociales y jóvenes: Una intimidad cuestionada en internet. *Aposta. Revista de Ciencias Sociales*, 54(3):1–16, 2012.
- [6] Shaher Momani, R.P. Chauhan, Sunil Kumar, and Samir Hadid. Analysis of social media addiction model with singular operator. *Fractals*, 8(30):215–229, 2022. doi: doi.org/10.1142/S0218348X23400972.
- [7] Lucia Nasti and Paolo Milazzo. A hybrid automata model of social networking addiction. *Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming*, 100:215–229, 2018. doi: doi.org/10.1016/j.jlamp.2018.07.002.
- [8] Anton V. Proskurnikov and Roberto Tempo. A tutorial on modeling and analysis of dynamic social networks. part i. *Annual Reviews in Control*, 43:65–79, 2017. doi: doi.org/10.1016/j.arcontrol.2017.03.002.