

# Experiencia Educativa Innovadora: Enseñanza del Modelo SIR Innovative Educational Experience: Teaching the SIR Model

*Gabriel Jiménez-Zerón<sup>a</sup>*

---

## Abstract:

In 1927, modern epidemic modeling emerged with Kendrick and McCormick's proposal of the SIR model (Susceptible, Infected and Removed). This model sets the basis for epidemic control studies.

In this work the study of the SIR model is presented within the subject measurement and understanding of nature belonging to the propaedeutic of exact sciences of the baccalaureate of the UAHEH by means of the Microsoft Excel program for the numerical explanation of the degree of advance of the pandemic by COVID 19, the relevance of the activity developed makes it an innovative educational experience that manifests itself from different angles, among which stand out its simplicity, its didactic value, its applicability to real data, its extensibility for the study of complex natural mechanisms and the modelling of phenomena.

In particular, I propose that the teacher has a new approach to the implementation of classroom work strategies in order to break the barriers that keep students away from effective learning that relates mathematical modelling and its environment having as a tool the computer.

## Keywords:

*SIR model, educational practice, Microsoft Excel, modeling, epidemic, COVID-19*

---

## Resumen:

En 1927 surge la modelación moderna de epidemias con la propuesta de Kendrick y McCormick del modelo SIR (Por sus siglas: Susceptible, Infectado y Removido). Este modelo sienta las bases de los estudios para el control de epidemias.

En este trabajo se expone el estudio del modelo SIR en dentro de la asignatura la medición y la comprensión de la naturaleza perteneciente al propedéutico de ciencias exactas del bachillerato de la UAHEH mediante el programa Microsoft Excel para la explicación numérica del grado de avance de la pandemia por COVID 19, la relevancia de la actividad desarrollada la convierte en una experiencia educativa innovadora que se manifiesta desde diferentes ángulos, entre los que se destacan su simplicidad, su valor didáctico, su aplicabilidad a datos reales, su extensibilidad para el estudio de mecanismos naturales complejos y la modelación de fenómenos.

En particular, propongo que el docente tenga un nuevo enfoque para la implementación de estrategias de trabajo en aula con la finalidad de romper las barreras que alejan a los alumnos de aprendizaje efectivo que relacione la modelación matemática y su entorno teniendo como herramienta la informática.

## Palabras Clave:

*Modelo SIR, practica educativa, Microsoft Excel, modelación, epidemia, COVID-19.*

---

## Introducción

---

<sup>a</sup> Académico del Instituto de Ciencias de la Salud y Escuela Preparatoria No. 1 de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Email: [jzeron@uaeh.edu.mx](mailto:jzeron@uaeh.edu.mx) <https://orcid.org/0000-0001-6664-7120>

A lo largo de los años como docente en la Escuela Preparatoria No.1 he tenido la oportunidad de impartir diversas materias del área de matemáticas, ante el cambio de modelo curricular del 2019 y apertura de los propedéuticos (áreas de énfasis), durante el semestre enero – junio de 2021 impartí una nueva asignatura denominada la medición y la comprensión de la naturaleza perteneciente al propedéutico de ciencias exactas, aprovechando que simultáneamente mis alumnos cursaban la matemática del cambio (cálculo diferencial) y la basta información de la pandemia por SARS COV 2 (COVID19) que atravesamos, tomé la decisión de implementar mediante la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), una experiencia educativa innovadora enseñándoles la modelación del grado de avance de la pandemia mediante el modelo SIR, un modelo que está por cumplir 100 años y que ha ayudado a modelar enfermedades infecciosas con alto grado de confiabilidad, aunque su componente es básico porque no considera nacimientos o muertes durante su análisis, tampoco la edad de las personas o la situación o estructura social en la que se encuentran, entre otros factores, es muy utilizado en epidemiología.

El presente trabajo da cuenta de los resultados al establecer un vínculo entre asignaturas horizontales (mismo semestre) y asignaturas transversales (semestres anteriores) con o sin relación aparente con las matemáticas. La intención es establecer que lo aprendido en diversas asignaturas puede conjuntarse en la resolución de problemas y que los propedéuticos no encasillan al alumno a un espacio de conocimiento, por el contrario, son coadyuvantes.

### **Un modelo de las ciencias de la salud enseñado a alumnos de ciencias exactas**

Una de las omisiones más comunes en la práctica educativa del bachillerato es que no se busca como prioridad relacionar los conocimientos abordados en las asignaturas con otras asignaturas o con el entorno de los alumnos.

Pero tal como lo marca el programa académico del bachillerato de la UAEH <sup>1</sup> el propósito formativo no se limita a lo que está estipulado en el Plan de Estudios, sino que es complementado con otras actividades que son parte de los programas institucionales, así como el apoyo a la creatividad y la capacidad de innovar e investigar.

Si bien para otras asignaturas como estadística ya había realizado demostraciones del modelo SIR con mis alumnos, únicamente habían sido situaciones ficticias como un apocalipsis zombi, por ejemplo la serie de televisión The Walking Dead (AMC 2010), obteniendo buenos resultados en cuanto a la atención

y el aprendizaje grupal, los alumnos y alumnas elaboraban una síntesis analítica acerca del funcionamiento de la naturaleza y del hombre como parte de la misma, a partir de los principios, leyes y métodos de las ciencias que se ocupan de ella.

La nueva asignatura, la medición y la comprensión de la naturaleza<sup>2</sup>, presentaba una serie de desafíos conceptuales y procedimentales entre los cuales destacan:

- Uso de la argumentación y el razonamiento al análisis de situaciones e identificación de problemas.
- Seleccionar, analizar, evaluar y compartir información de diversas fuentes.
- Aprovechar los recursos tecnológicos para ampliar los aprendizajes.
- Y emplear los conocimientos adquiridos a lo largo de sus primeros tres semestres en la interpretación de procesos sociales, económicos, culturales y naturales.

Por lo que tomé la decisión de implementar la enseñanza del Modelo SIR en el tema parámetros estadísticos perteneciente a la unidad 2, variación de parámetros para encontrar tendencias generales, bajo la premisa de mostrar a los alumnos y alumnas que el propedéutico de ciencias exactas a la que recién se habían integrado no es un campo privativo y de conocimientos aislados, por el contrario es un espacio de trabajo colaborativo con otras ciencias y que el resultado de desarrollar el modelo requería de sus conocimientos adquiridos en otras asignaturas, de manera que pudiera comprender que el bachillerato es un espacio de desarrollo de sus potencialidades personales y de formación integral con conocimientos de cultura general, habilidades y valores.

En la presente exposición de esta experiencia educativa innovadora, primero explicaré en qué consiste el modelo SIR y segundo cómo se puede explorar este modelo usando la computadora, lo cual constituye la parte metodológica de la experiencia.

Figura 1. Asignaturas horizontales cuatro semestres. Determinación de estrategias metodológicas sustentadas en la problematización del contenido.

### ¿Qué es el modelo SIR?

El modelo SIR es un modelo matemático que nos permite analizar y predecir el comportamiento de una enfermedad infecciosa considerando ciertas condiciones iniciales, clasifica una población en tres grupos distintos, el primero es el grupo susceptible, es decir el número de personas que son propensas a la enfermedad, el segundo es el grupo infectado, el número de personas que tienen la enfermedad y que pueden infectar a la gente susceptible y finalmente el tercero es el grupo de recuperados, es decir el número de personas que no pueden contraer la enfermedad porque se han recuperado completamente o porque son inmunes.

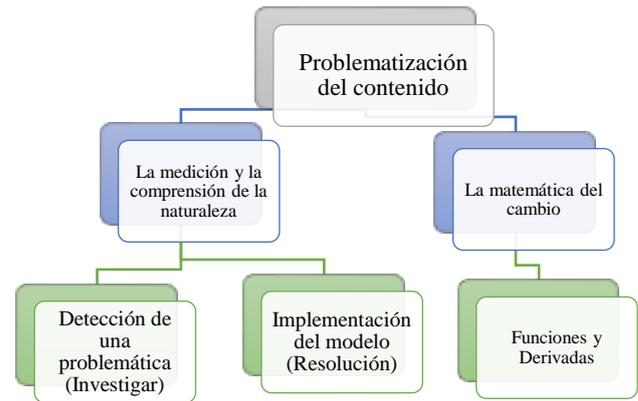
El modelo SIR utiliza dos parámetros: la tasa de transmisión, la cual describe que tan rápido se transmite la infección de un individuo a otro y la tasa de recuperación que describe que tan rápido un individuo afectado se recupera, es posible calcular los a partir de los dos parámetros el comportamiento de la enfermedad lo cual depende de diversos factores (como en el caso del COVID 19), por ejemplo la tasa de transmisión puede depender de la interacción entre individuos y de la probabilidad de que una persona enferme.

Por otra parte, la tasa de recuperación puede depender del tratamiento médico o de la resistencia genética de cada individuo.

Una vez explicado el modelo SIR y las condiciones en que se desarrolla la pandemia necesitamos definir el tipo de ecuaciones que nos permitan describir el comportamiento o variación de cada grupo con respecto al tiempo para posteriormente llevar los datos a una plantilla en Excel.

Primero notemos que el número de personas susceptibles cambiará dependiendo del número de personas infectadas esto se puede escribir como diferencial ( $dS$ ) con respecto del tiempo que en matemáticas representa la razón de cambio instantáneo en un tiempo ( $T$ ) en otras palabras la variación del número de personas susceptible con respecto al tiempo tiene que ser negativo por eso ponemos el signo negativo (-) aquí porque la cantidad de personas susceptibles está disminuyendo y esto depende del número inicial de personas susceptibles y de su interacción con el número inicial de personas infectadas en proporción con la población total por eso

escribimos en que representa la población total pero no todas las personas susceptibles resultarán



afectadas esto está indicado por la tasa de transmisión que bien puede depender de la interacción entre personas y de la probabilidad de que una persona se enferme ahora la variación con respecto al tiempo del grupo de infectados depende de dos elementos primero de la cantidad de casos susceptibles que ingresan a este grupo cada día es decir el mismo término de la ecuación anterior pero en positivo y de la cantidad de infectados que diariamente van pasando al grupo de recuperados en este caso usamos el signo negativo (-) porque dejan de estar afectados y esta transición está determinada por la tasa de recuperación que en este caso es la letra B finalmente la aparición con respecto al tiempo del caso de recuperados será la cantidad de infectados que se han recuperado y esto se indica con B multiplicado por el uso de números infectados en conjunto las tres ecuaciones descritas anteriormente forman un sistema de ecuaciones diferenciales que nos permiten modelar enfermedades infecciosas.

Cabe mencionar que este modelo es uno de los más simples usados en epidemiología porque se omiten muchos factores por ejemplo se considera que no hay nacimientos o muertes en la población tampoco se considera la edad de las personas o la estructura social pero no por esto deja de ser útil para modelar y realizar predicciones del comportamiento de enfermedades infecciosas de hecho este modelo se ha utilizado desde la década de 1920 para estudiar epidemias como el cólera de Londres de 1865 por mencionar un ejemplo también debo decir que este sistema es no lineal y por consecuencia no es tan sencillo calcular resoluciones sin embargo podemos encontrar soluciones numéricas con ayuda de la computadora para ello vamos a simplificar la anotación usando Microsoft Excel.

## La aplicabilidad de los conocimientos adquiridos en el bachillerato: De la teoría a la práctica.

La modelación es el proceso mediante el cual se crea una representación o modelo para investigar la realidad. El propósito de la modelación es describir datos del mundo real en términos matemáticos. La modelación es una herramienta utilizada en todas las ciencias.<sup>8</sup>

Para llevar a cabo una modelación correcta, es necesario identificar problemas en el mundo real, usar datos de problemas para construir modelos matemáticos, resolver problemas de modelación y proponer conclusiones matemáticas, y luego interpretar estas conclusiones en el mundo real.

Por lo cual, en el espacio de gestión de contenidos syllabus 2.0 de Plataforma Garza se colocó la actividad: "Modelación: Propagación de una enfermedad"

En el cual se realiza y explica cómo construir un modelo SIR (Susceptible-Infectado-Recuperado) en Excel que como dice el título de la actividad representa la propagación de virus y enfermedades infecciosas; esta permitirá conocer el patrón de evolución y el desarrollo epidémico de la enfermedad.

Teniendo como base los siguientes datos: El tiempo (un promedio de 200 días), la cantidad de población de 100,000 personas (susceptibles), no. de contagios (1 contagio inicial) (infectados), recuperaciones y fallecimientos. También se tendrán en cuenta los siguientes datos: Duración medida de la enfermedad (12 días), tasa diaria de interacción (2.5), probabilidad de contagio (14.00%), tasa de recuperación (95.00%), mortalidad (5.00%).

Una vez elaborada la tabla en Microsoft Excel los alumnos observan la evolución de la enfermedad en un periodo de 200 días:

Primero se obtienen el número de contagios durante los 200 días, esto corresponde a la cantidad de infectados multiplicada por la tasa de contagio por la cantidad de personas susceptibles entre la suma de todos los involucrados por la probabilidad de contagio.

Mientras que la cantidad de recuperaciones será la siguiente será igual al número de individuos enfermos por la tasa de recuperación entre la duración media de la enfermedad, para la cantidad de fallecimientos de una manera más análoga, siendo la cantidad de infectados multiplicada por la mortalidad entre la duración media de la enfermedad.

Para continuar con la tabla se establece que la cantidad de personas susceptibles será la cantidad de personas menos la cantidad de infectados y para la cantidad de infectados será igual al número anterior de infectados más los nuevos contagios menos los recuperados y menos los fallecidos.

En cuanto a los recuperados y los fallecidos siguen siendo acumulativos.

	E	C	D	E
	Susceptibles	Infectados	Recuperados	Fallecidos
99.999	1	0	0	0
99.998	2	0	0	0
99.997	3	0	0	0
99.996	4	1	0	0
99.995	5	2	0	0
99.994	7	3	0	0
99.993	8	4	0	0
99.992	11	5	0	0
99.991	13	6	0	0
99.990	17	8	0	0
99.989	22	10	1	0
99.988	27	13	1	0
99.987	35	17	1	0
99.986	44	22	1	0
99.985	56	29	1	0
99.984	70	38	1	0
99.983	89	50	1	0
99.982	113	66	2	0
99.981	145	87	2	0
99.980	181	115	3	0
99.979	229	153	4	0
99.978	290	203	5	0
99.977	367	271	6	0
99.976	464	363	7	0
99.975	587	485	9	0
99.974	742	647	12	0
99.973	937	863	15	0
99.972	1183	1154	19	0
99.971	1492	1548	24	0

Figura 2. Ejemplo de tabla en Microsoft Excel construida por los alumnos. Primera etapa.

Como último paso para llenar las tablas de datos (reporte) se copian las fórmulas que hemos hecho y las desglosamos en los espacios sobrantes hasta llegar a los 200 días propuestos; esto se hace debido a que el patrón es sucesivo dentro de todos los parámetros que hemos considerado.

A continuación, se realizan los cálculos de Población total infectada que ha sido la cantidad de gente infectada y contagiada. Población total curada que corresponde a la suma de recuperados y recuperaciones. Población total fallecida que se determina por la suma de fallecidos y fallecimientos.

Población total no afectada la cual es la suma de la población total menos la población total infectada. La Población infectada simultánea (contagios diarios) y Recuperaciones diarias.

Poblacion total infectada:	98878
Poblacion total curada:	93933
Poblacion total fallecida:	4944
Poblacion total no afectada:	1.122
Max. Población infectada simultanea	44177
Max. contagios diarios	6044
Max. Recuperaciones diarias	3497
Max. De fallecimientos	184

Figura 3. Ejemplo de cuadro de resultados en Microsoft Excel construida por los alumnos. Segunda etapa

Finalmente hacemos dos gráficas, cada una para representar cada una de las tablas con datos que tenemos, para la primera gráfica tomaremos en cuenta la tabla (figura 2), la cual contiene toda la población (Susceptibles, infectados, recuperados y fallecidos).

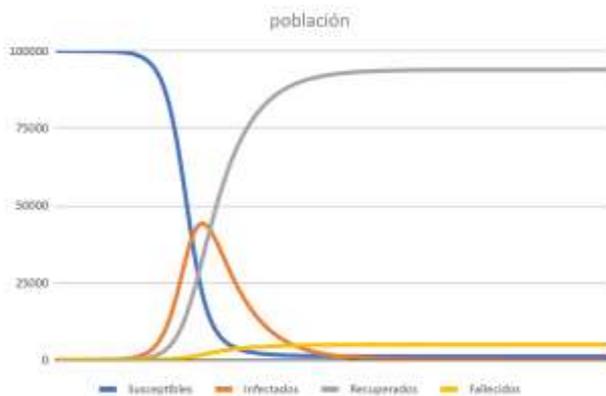


Figura 4. Ejemplo de gráfico 1- Toda la población: Susceptibles, infectados, recuperados y fallecidos en Microsoft Excel construida por los alumnos.

Y para la segunda gráfica tomaremos en cuenta la actividad que se ha desarrollado a lo largo de la actividad, la cual es la segunda tabla (Contagios, recuperaciones y fallecimientos).

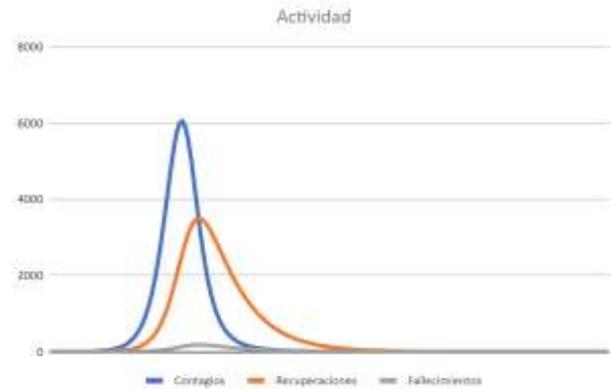


Figura 5. Ejemplo de gráfico 2- Susceptibles, infectados, recuperados y fallecidos en Microsoft Excel construida por los alumnos.

## Conclusiones

La realización de la presente actividad me permitió establecer una forma de trabajo mediante la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y dar cumplimiento con lo dispuesto en el modelo educativo de la UAEH, relacionando temas de diversas asignaturas y de semestres distintos, bajo un enfoque que procure la relación de los conocimientos adquiridos en el aula con el entorno del alumno, la realización de la actividad y su posterior discusión en búsqueda de conclusiones generales incrementó sustancialmente la participación del grupo y las generalizaciones obtenidas permiten que el alumno se interese en investigar sobre el tema abordado y otros temas de su interés, siempre bajo la premisa de que el conocimiento sienta las bases de la interpretación de nuestro entorno natural.

Por lo que recomiendo a los docentes darse la oportunidad de coordinar procesos de investigación en sus asignaturas que permitan crear espacios de aprendizaje dinámicos transformando su aula tradicional en un lugar de inspiración y reflexión para nuestra razón de ser, nuestros alumnos.

## Referencias

- [1] Programa académico del bachillerato de la UAEH. Programa Académico (uafh.edu.mx)
- [2] Programa de la asignatura la medición y la comprensión de la naturaleza. DEMSyT UAEH (2020).

- [3] Fernández Martínez, M.; García Sánchez, J.N.; De Caso, A.; Fidalgo, R. y Arias, O. (2006) El aprendizaje basado en problemas: revisión de estudios empíricos internacionales. *Revista de Educación*. 341, 397-418
- [4] ÁLVAREZ C, Rafael. *Estadística aplicada a las ciencias de la salud*. 1º Ed. España. Ediciones Díaz de Santos. 2007.
- [5] Arenzana Hernández, V., Arenzana Romeo, S. *Estadística elemental con Excel 2000*. Mira Editores, S. A. Zaragoza, España. 2003.
- [6] DANIEL, Wayne. W. *Bioestadística base para el análisis de las ciencias de la salud*. 4º Ed. México. Editorial Limusa, S.A. 2002.
- [7] Kermack, W.O. y A.G. MckKendrick (1991). *A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics*, *Bulletin of Mathematical Biology*, Volume 53, Issues 1-2, Pages 33-55.
- [8] Zaldívar Rojas, José David, Quiroz Rivera, Samantha Analuz, & Medina Ramírez, Gonzalo. (2017). La modelación matemática en los procesos de formación inicial y continua de docentes. *IE Revista de investigación educativa de la REDIECH*, 8(15), 87-110. Recuperado en 20 de septiembre de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-85502017000200087&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-85502017000200087&lng=es&tlng=es).