



## Laboratorio 6

Nancy Mazariegos 22513  
Santiago Pereira Alvarado - 22318

## Parte 1 Teoría

1. El ELE se encuentra en ( $S^* = N$ ,  $I^* = 0$ ). Describa en términos conceptuales por qué este es un estado de "balance" en el sistema. ¿Qué flujos de entrada y salida se están equilibrando exactamente en el compartimento de susceptibles (S) para que su nivel permanezca constante?

R// El estado de equilibrio libre de enfermedad es un punto de balance porque toda la población es susceptible y no hay contagios; los nacimientos y muertes naturales siendo los flujos de entrada y salida respectivamente se equilibran, manteniendo constante el número de susceptibles.

2. El equilibrio endémico representa un estado donde la enfermedad persiste de forma estable. Explique la tensión fundamental que existe en este equilibrio. ¿Qué fuerza impulsa el aumento de infecciones y qué fuerza contraria la frena, permitiendo que el número de infectados  $I^*$  se mantenga constante y no sea cero?

R// En el equilibrio endémico la enfermedad persiste de forma estable porque la tasa de infección que aumenta el número de infectados se equilibra con las tasas de recuperación y muerte por lo tanto esto ayuda a mantener todo en equilibrio y que siempre sea mayor a cero.

3. Imagine que quiere construir un Modelo Basado en Agentes (MBA) que represente la misma dinámica de este modelo SIR. ¿Cómo implementaría los procesos de "nacimento" ( $\mu_N$ ) y "muerte natural" ( $\mu_S$ ,  $\mu_I$ ,  $\mu_R$ ) a nivel de agentes individuales? Describa las reglas o eventos que programaría para los agentes.

R// En un modelo basado en agentes, los nacimientos se representarían creando nuevos agentes susceptibles con una probabilidad en cada paso de tiempo, luego en el caso de la muerte natural, eliminaría agentes de cualquier estado con la misma probabilidad  $\mu$ , manteniendo el tamaño poblacional promedio.

4. Si ejecutara su MBA y graficara el número total de susceptibles contra el número total de infectados (un espacio de estados proyectado), ¿esperaría que las trayectorias se vieran idénticas a las del modelo de ecuaciones diferenciales? ¿Por qué sí o por qué no? Mencione al menos un factor clave inherente a los MBA que introduciría diferencias en el gráfico.

R// Yo pienso que no serían iguales ya que los modelos MBA introducen aleatoriedad por lo tanto no serían iguales respecto al modelo de ecuaciones diferenciales.

## Parte 2 Teoría

1. La matriz Jacobiana es una "instantánea" de las fuerzas del sistema en un punto específico. Explique conceptualmente qué representa el elemento en la esquina inferior izquierda de la matriz  $(\partial(dI/dt)/\partial S)$ . ¿Qué nos dice este término sobre la relación entre los susceptibles y la propagación de la infección?

R// Este elemento representa la sensibilidad de la tasa de infección respecto a cambios en susceptibles. Se encarga de medir cómo un aumento en la población susceptible acelera la propagación de la enfermedad.

2. El análisis muestra que cuando  $R_0 > 1$ , el Equilibrio Libre de Enfermedad es inestable. Describa en una o dos frases qué significa esto en el contexto de una política de salud pública de "esperar y ver". ¿Por qué la inestabilidad de este punto hace que esa política sea arriesgada?

R// Cuando  $R_0 > 1$ , cualquier introducción pequeña del patógeno crecerá exponencialmente en lugar de desaparecer. Una política de "esperar y ver" es arriesgada porque el sistema automáticamente evolucionará hacia un brote epidémico, sin importar qué tan pequeña sea la introducción inicial provocando que no se pueda hacer nada al cabo del tiempo.

3. El Equilibrio Endémico, cuando existe, suele ser estable. ¿Qué significa "estabilidad" en este contexto? Si una nueva variante del virus, más contagiosa, causa un aumento repentino de casos (una perturbación), ¿qué predice la estabilidad de este equilibrio sobre el comportamiento del sistema a largo plazo?

R// La "estabilidad" significa que el sistema regresa naturalmente al equilibrio después de perturbaciones. Si una variante más contagiosa causa un pico de casos, el sistema eventualmente se estabilizará en un nuevo equilibrio endémico, es decir todos con valores negativos según se vió en clase.

4. En un modelo de ecuaciones, un equilibrio estable es un punto fijo. En un MBA, debido a la aleatoriedad (estocasticidad), el sistema nunca se asienta perfectamente en un punto. ¿Cómo se manifestaría un "equilibrio estable" en el espacio de estados proyectado de un MBA? Describa cómo se vería la trayectoria del sistema una vez que ha alcanzado este estado de equilibrio.

R//En un MBA, el equilibrio estable se manifiesta como fluctuaciones aleatorias alrededor del punto de equilibrio teórico.