

## Boletín GripeNet 12º entrega: El caso del SIDA y la importancia de las redes de contactos.

En anteriores boletines, la Gripe A(H1N1)/2009 y la Peste Negra nos servían como ejemplos para ilustrar con cuanta rapidez o lentitud puede propagarse geográficamente una epidemia dependiendo del modo en el que se desplazan las personas (muy diferente, obviamente, en la Europa Medieval de lo que observamos hoy en día en nuestro mundo cada vez más globalizado e interconectado). En la última entrega, analizábamos la Plaga de Bombay de 1906 como un ejemplo bastante sencillo para mostrar y comprender la evolución de un proceso epidémico.

Ahora, nuestra intención es introducir un cuarto ejemplo, el del SIDA, para demostrar que no siempre la tarea del epidemiólogo, desde un punto de vista matemático, es tan simple como en el ejemplo del boletín anterior (la Plaga de Bombay). ¿Cuáles son las principales diferencias entre una enfermedad transmitida por el aire –como la gripe- o por un vector –como La Peste o la Malaria- y una enfermedad de transmisión sexual? ¿Qué repercusiones tienen dichas diferencias en lo referente a la propagación de la enfermedad? Intentaremos responder a estas preguntas en las próximas líneas.

### El SIDA: La nueva pandemia del Siglo XX.

Todo comenzó en Estados Unidos, a principios de la década de los 80, cuando se observaron en varios hospitales del país determinados cuadros clínicos graves, que si bien podían ser considerados comunes de manera aislada, no lo eran en absoluto cuando concurrían en un mismo paciente.

Estas patologías –*infecciones oportunistas y Sarcomas de Kaposi, principalmente*- confluían en pacientes cuyos análisis sanguíneos revelaban graves deficiencias en el sistema inmunitario: más concretamente, en la cantidad de linfocitos T en sangre, unas células (glóbulos blancos) que forman parte del sistema inmunitario y que nos protegen de las infecciones y agresiones externas. Ellos son los encargados de controlar la respuesta inmune celular.

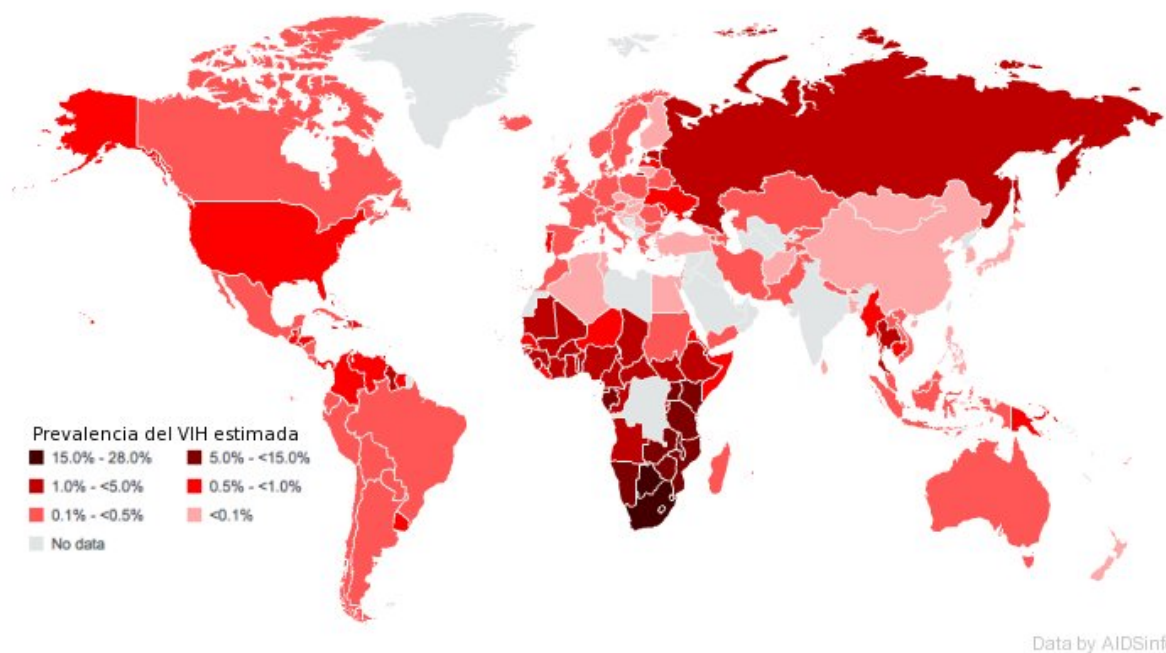
En los primeros años y tras la identificación del síndrome, se especuló mucho acerca del posible origen de la enfermedad. Aunque la fuerte asociación que se producía con ciertos grupos de riesgo como el de los homosexuales sexualmente activos, los usuarios de drogas inyectables o los receptores de transfusiones de sangre; apuntaba a una transmisión sexual y sanguínea de la enfermedad, también planteaba muchas otras interrogantes.



Françoise Barré. Wikipedia.

En 1984, los científicos franceses Françoise Barré-Sinoussi y Luc Montaigner identificaron el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) -agente causante del síndrome de inmunodeficiencia adquirida-, descubrimiento que les valdría un Nobel de Medicina en el año 2008. Hoy en día conocemos que el virus, una vez en el organismo, ataca a los linfocitos T, lo cual causa progresivamente una grave deficiencia inmunitaria en el huésped. Esta deficiencia, si no se trata, abre la puerta a numerosas infecciones oportunistas que son las causantes de la pérdida de salud y de la eventual muerte del paciente. El virus, a diferencia de otros como el de la gripe, no se transmite por vía aérea, sino que necesita de un contacto mucho más estrecho entre personas para saltar de un huésped a otro como un intercambio de fluidos sexuales o de sangre.

A día de hoy, el SIDA es una enfermedad controlable mediante la administración de fármacos antirretrovirales que impiden la multiplicación del virus en el organismo y permiten a los enfermos llevar una vida prácticamente normal. Sin embargo, estos fármacos resultan costosos y no están disponibles en muchas zonas deprimidas económicamente. De hecho, el SIDA es, probablemente, el principal problema de salud pública en África, donde se concentra la mayor cantidad de casos en todo el mundo.



*Prevalencia de la infección por VIH en el mundo. UNAIDS, organismo de Naciones Unidas para la lucha contra el SIDA*

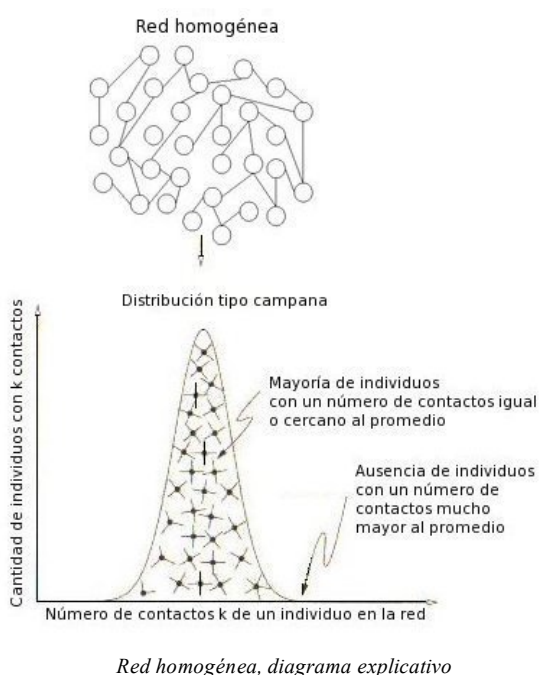
### **El concepto de riesgo de infección y su distribución entre la población.**

Introduzcamos, en este punto, un concepto relevante. En epidemiología matemática, el riesgo de infección suele entenderse, de manera general, **como la probabilidad de que un determinado individuo, habitante en un área concreta y con una serie de condicionantes personales, pueda infectarse o padecer una enfermedad dentro de una determinada ventana temporal**. Este riesgo, si se trata de una enfermedad infecciosa que se transmite de una persona a otra, es mayor cuanto mayores son:

- **A).** La cantidad de individuos enfermos en la población.
- **B).** La cantidad de “contactos hábiles” para la transmisión de la enfermedad que el individuo tenga con otras personas por unidad de tiempo. Lo que definimos como “*contacto hábil*” depende del tipo de enfermedad: para la gripe, estaríamos hablando de contactos como un apretón de manos, un beso en la mejilla o una conversación cara a cara, mientras que para una enfermedad como el SIDA, hablaríamos de un contacto sexual.
- **C).** La infectividad del patógeno, o lo que es lo mismo, la probabilidad de que, tras un contacto hábil, se produzca un contagio.

Los condicionantes personales (hábitos, factores genéticos, dieta, etc.) pueden actuar modificando los factores B y/o C para cada persona, mientras que el primer factor (A) modula la incidencia global de la epidemia e influye de manera similar en todos los individuos de un área.

Por ejemplo, en el caso de la gripe, el riesgo de infección, aunque varía a lo largo del año, se distribuye de forma relativamente homogénea en toda la población. Las principales variaciones se dan en determinados grupos de personas que viven, acuden o trabajan en lugares de gran afluencia de personas como colegios, hospitales, etc. La razón es, sencillamente, que estas personas tienen un número de “contactos hábiles” para transmitir la enfermedad moderadamente superior al de la media, y por tanto, su riesgo es mayor. Por el contrario, las personas que en su día a día establecen contacto con pocos individuos, tienen menor riesgo de contraer la gripe. **Matemáticamente, esto se representa mostrando la cantidad de individuos que tienen un determinado número de contactos por unidad de tiempo en función de dicho número de contactos.** Las funciones que describen bien la situación para un caso como la gripe tienen forma de campana, como se aprecia en la siguiente figura. La mayoría de las personas tiene un número similar de contactos, aunque un cierto porcentaje de la población tiene una cantidad moderadamente distinta.



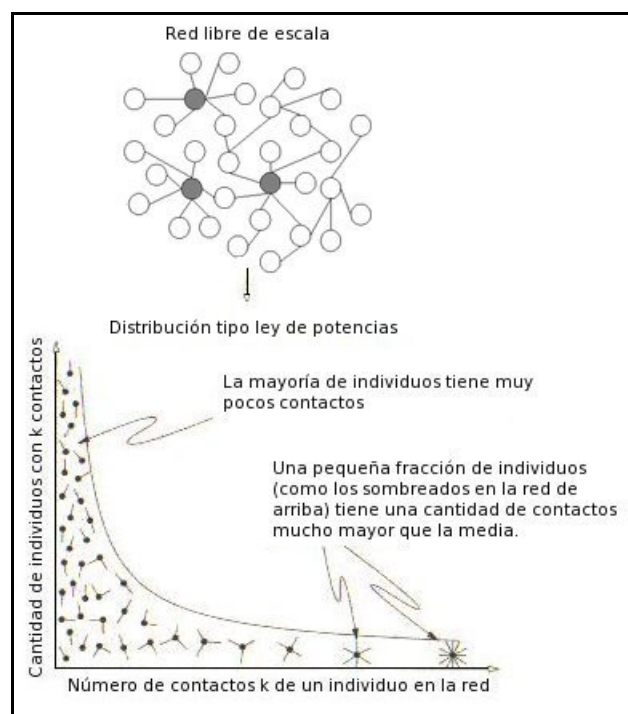
**Cuando la distribución de contactos en una red es de tipo campana, decimos que se trata de una red homogénea.** Si tenemos que describir la propagación de una enfermedad sobre dicha red, es una buena decisión simplificar y describir el sistema **como si todos los individuos tuvieran el mismo número de contactos y, en definitiva, el mismo riesgo de infección.** En el caso de la gripe o de la Plaga de Bombay, *-aunque el mecanismo de transmisión es distinto-* esta simplificación es lo suficientemente válida como para describir los datos históricos registrados, y está, de manera implícita, incluida en el modelo SIR clásico del que hablábamos en el anterior boletín.

**La pregunta a responder será, si para una enfermedad de transmisión sexual como el SIDA, uno puede realizar una descripción análoga igual de sencilla.** Esto, dependerá de si la manera en la que los contactos sexuales se distribuyen en la población puede ser descrita o no por una función tipo campana.

### **El caso del SIDA y las redes de contactos sexuales: los sondeos suecos de 1994.**

En el 2001, en un artículo publicado en la revista Nature, el científico sueco Fedrik Liljeros, junto con sus colaboradores, se planteaba y respondía la pregunta con la que cerrábamos la anterior sección, analizando para ello los datos procedentes de un sondeo hecho en Suecia en 1994, en el que a los individuos encuestados se les preguntaba, entre otras cosas, con cuántas personas habían mantenido relaciones sexuales en el último año y en toda su vida.

El resultado fue francamente sorprendente. Liljeros y sus colaboradores concluyeron que la manera en la que el número de contactos sexuales (anual o total) se distribuye entre la población, no puede ser descrita por una función de distribución tipo campana, ya que el patrón es extremadamente heterogéneo. En los datos analizados por su equipo, si bien la mayoría de individuos referían muy pocos contactos, unos pocos individuos llegaban a presentar un número de contactos sexuales muchísimo más elevado que la media.



Red libre de escala. Diagrama explicativo.

Este tipo de distribución es compatible con otro grupo de funciones regidas matemáticamente por una ley de potencias, y se caracteriza por las enormes diferencias que pueden observarse entre individuos en lo que al número de contactos se refiere, propiedad que a menudo se denomina *Libertad de escala*. De manera llamativa, este tipo de redes se habían identificado casi simultáneamente en campos tan diversos como la Informática (los patrones de conexión entre servidores en Internet), la Microbiología (las redes de reacciones químicas entre las sustancias que se encuentran en el interior de una célula), o la Sociología (las redes de colaboración profesional).

La relevancia del hallazgo se debió a que los modelos clásicos en los cuales el riesgo de infección puede considerarse homogéneo para toda la población resultaban de repente inválidos para describir una enfermedad como el SIDA.

En los nuevos modelos desarrollados, se comprobó que **las redes libres de escala favorecen poderosamente la propagación de enfermedades**. La razón se puede comprender intuitivamente enfatizando el rol que esos pocos individuos con muchos más contactos que la media tienen a la hora de favorecer la propagación de cualquier enfermedad que tenga lugar sobre esa red de contactos.

Matemáticamente, esto supone que, cuando una enfermedad se propaga sobre una red de este tipo, patógenos con una infectividad mucho menor de lo creído hasta entonces pueden instalarse en una población, generar epidemias y volverse endémicos. Debido a esta razón, el hallazgo de Liljeros y sus colaboradores supuso un importante avance, que puso por primera vez en valor la importancia de la heterogeneidad en el comportamiento de una población a la hora de describir su susceptibilidad epidemiológica.