

Dinámica del VIH-SIDA en Cali

The dynamics of HIV-AIDS in Cali

Beatriz Salguero-Rivera, Lilian S. Sepúlveda-Salcedo y Daiver Cardona-Salgado

Universidad Autónoma del Occidente, Cali-Colombia bsalguero@uao.edu.co, lsepulveda@uao.edu.co, dcardona@uao.edu.co

Recibido 1 Febrero 2011/ Enviado para Modificación 9 Octubre 2011/ Aceptado 28 Octubre 2011

RESUMEN

Para el estudio de la dinámica del VIH-SIDA en la ciudad de Cali, se usó el clásico modelo SIR para la transmisión de enfermedades infecciosas, donde la población total es dividida en Susceptibles, Infectados y Removidos, con los supuestos de que la transmisión sexual es el único medio de contagio y los individuos no se recuperan y mueren. Basándose en la información suministrada por la Secretaría Municipal de Salud de Santiago de Cali, DANE y Planeación Municipal, se estimaron los parámetros del modelo y del número reproductivo básico. Se realizaron simulaciones de algunos escenarios con el propósito de establecer tendencias a largo plazo de la enfermedad. Se estimaron los puntos de equilibrio del sistema y se analizaron las condiciones de estabilidad, encontrándose que actualmente el sistema posee dos puntos de equilibrio: E1: Libre de la enfermedad, de naturaleza inestable; E2: Endémico, de naturaleza asintóticamente estable. Tomando como condiciones iniciales la información del año 2008, se observó que la enfermedad tiende al equilibrio endémico después de 100 años. A través de simulaciones se logró establecer que al reducir la probabilidad de contagio entre susceptibles e infectados, la enfermedad tiende al equilibrio endémico de forma más lenta y se logra disminuir el número máximo de infectados y removidos.

Palabras Clave: Proyecciones de población, enfermedades de transmisión sexual, modelos matemáticos, estudios epidemiológicos, factores de riesgo (*fuentes: DeCS, BIREME*).

ABSTRACT

The classical Kermack-McKendrick SIR model for infectious disease transmission was used for studying the dynamics of HIV-AIDS in the city of Cali; individuals were classified as being susceptible, infected or recovered (SIR) on the assumption that sexual transmission would be the only means of transmission and that individuals would not recover or die. The model's parameters and basic reproductive numbers were estimated using information supplied by the Santiago de Cali Municipal Secretariat of Health, the Colombian Statistics Bureau (DANE) and the Municipal Planning department. Some scenarios were simulated to establish long-term disease trends. The system's equilibrium points were estimated and stability

conditions analyzed finding that the current system had two equilibrium points: unstable, disease-free (E1) and stable, endemically asymptotic (E2). Taking information from 2008 as initial conditions, it was observed that the disease would tend towards equilibrium after a 100 year endemic. Simulations suggested that the disease would tend towards endemic equilibrium more slowly by reducing the probability of contact between susceptible and infected individuals and that the maximum number of infected and recovered could also become reduced.

Key Words: Mathematical model, epidemiologic studies, sexually-transmitted diseases, population projection, risk factors (*source: MeSH, NLM*).

Desde el inicio de la epidemia del VIH-SIDA, 25 millones de personas han fallecido por causas relacionadas con el VIH. La tendencia de la epidemia en Colombia es creciente y se ha generalizado pasando de las ciudades a las áreas rurales (1). En el municipio de Santiago de Cali, ubicado al suroccidente de Colombia, según estudios realizados por la Secretaría de Salud Municipal, el VIH se sigue propagando en la ciudad, siendo la población entre los 15 y 24 años la más vulnerable. Hasta septiembre del año 2007 se notificaron 472 nuevos casos. De acuerdo a los datos, las causas más comunes de propagación son las situaciones de riesgo tales como las relaciones sexuales sin uso de preservativo y con múltiples compañeros. Por lo anterior la ONU hizo un llamado para invertir en programas de prevención y educación sexual.

Con el ánimo de contribuir a crear conciencia en la población y analizar la situación se plantearon las siguientes preguntas: ¿Qué está sucediendo con la dinámica de la epidemia del VIH - SIDA en la ciudad de Cali?, ¿Cuál es la tendencia de la epidemia a futuro?, y ¿Cuál es el efecto de disminuir la probabilidad de contagio en la dinámica de la epidemia del VIH - SIDA en la ciudad de Cali?

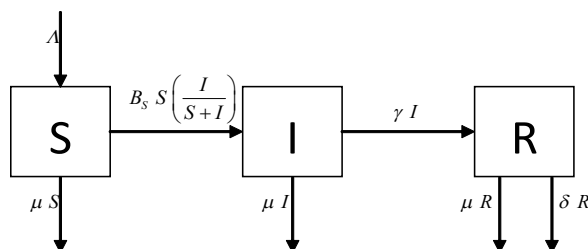
MÉTODOS

El uso de métodos cuantitativos, basados en modelos matemáticos se ha ido incrementando en forma significativa entre los científicos y profesionales de la salud, con el propósito de idear programas efectivos de control e interpretar patrones epidemiológicos. Un modelo matemático clásico para analizar la dinámica de transmisión de enfermedades infecciosas es aquel de tipo SIR propuesto por Kermarck & McKendrick en 1927.

Modelo Matemático

Se revisaron los dos modelos propuestos en el artículo de González y Quintero (2) modelo sin re infección y modelo con re infección. Se descartó el modelo con re infección por la imposibilidad de obtener información de la interacción entre la población infectada. El modelo seleccionado es tipo SIR:

Figura 1. Diagrama de compartimientos



Definido por el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \Lambda - B_s S \left(\frac{I}{S+I} \right) - \mu S \\ \frac{dI}{dt} &= B_s S \left(\frac{I}{S+I} \right) - (\mu + \gamma) I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma I - (\mu + \delta) R\end{aligned}$$

En este modelo la población total se dividió en tres clases: S (susceptibles): considerados sexualmente activos y que pueden llegar a contagiarse de la enfermedad, en este caso, habitantes de Cali con edades mayores a 14 años. I (Infectados): portadores asintomáticos del VIH y que aun no han desarrollado la enfermedad, para este modelo, personas identificadas por la Secretaria de Salud como portadores asintomáticos del VIH. R (Removidos): individuos que han desarrollado la enfermedad y se consideran sexualmente inactivos, correspondiente a personas identificadas por la Secretaria de Salud como enfermos de SIDA.

Los parámetros son: Λ : el número de nuevos individuos por año que entran al sistema, $1/\mu$: la esperanza de vida de los caleños, $1/\gamma$: el periodo de infección de la enfermedad, δ : la tasa de mortalidad debida a la enfermedad, B_s : probabilidad de contagio cuando hay contacto entre un susceptible y un infectado.

Supuestos

La transmisión sexual es el único medio de contagio y los individuos enfermos no se recuperan y mueren.

Estudio del sistema de ecuaciones

Para abordar el análisis del sistema de ecuaciones diferenciales (A), se usaron las herramientas de la teoría cualitativa de las ecuaciones diferenciales ordinarias. Se calcularon los puntos de equilibrio y se analizaron los valores propios de la matriz jacobiana asociada al sistema para cada punto de equilibrio, con el objetivo de caracterizar su estabilidad.

Estimación de parámetros

Λ y μ se estimaron a partir de los censos 1985, 1993 y 2005 del DANE (3). Para estimar los parámetros B_s , γ , δ asociados al sistema (A), se trabajó con el sistema de ecuaciones en diferencias asociado y se usó el método de mínimos cuadrados ordinarios con la información suministrada por la Secretaria Municipal de Salud de Cali, años 1987 a 2008.

Simulaciones

Usando los parámetros estimados y los datos del 2008 como condiciones iniciales, asumiendo que con políticas de educación y prevención para la enfermedad es posible modificar el parámetro B_s , se realizaron diversas simulaciones de las tendencias futuras de las poblaciones de infectados. Dichas simulaciones se programaron en MatLab versión 7.8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se calculó el número reproductivo básico \mathfrak{R}_0 , dando como resultado 2.0733. Lo que significa que un infectado produce aproximadamente dos nuevos casos en una población de susceptibles.

Se observa como las poblaciones tienden a estabilizarse después del transcurso de cien periodos. Los valores máximos de las poblaciones de infectados y de removidos se alcanzaron alrededor de 60 y 70 periodos, respectivamente.

Usando las estimaciones para los parámetros asociados al modelo y datos del 2008 como condiciones iniciales, se observa el sistema tiende al punto de equilibrio: E_2 (1 991 000, 2 138 000, 1 588 000). En la Figura 2, se muestra la

evolución temporal para las poblaciones de infectados y removidos. La tasa de nuevas infecciones por el VIH-SIDA en Cali, ha ido creciendo y seguirá creciendo como se muestra en la evolución temporal de la población de infectados, coherente con la información que presenta el reporte "Perfil y desempeño del cumplimiento de los objetivos desarrollo del milenio en Cali (4).

Los resultados en este trabajo son consistente con Luque (5): "la tendencia de la epidemia en Colombia es creciente y las curvas no parecen aplanarse de la forma como se ha logrado en otros países". El aplanamiento (estabilidad del sistema) al que se refiere Luque, con las condiciones actuales se logra después de los 100 años.

La Figura 3 muestra el efecto que produce la disminución del parámetro B_s en la población de infectados.

Figura 2. Evolución temporal de las poblaciones de infectados y removidos

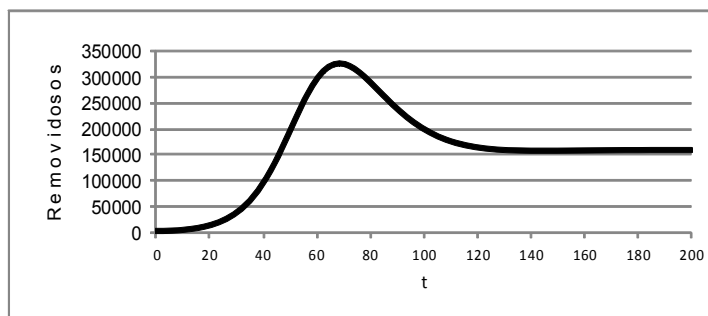
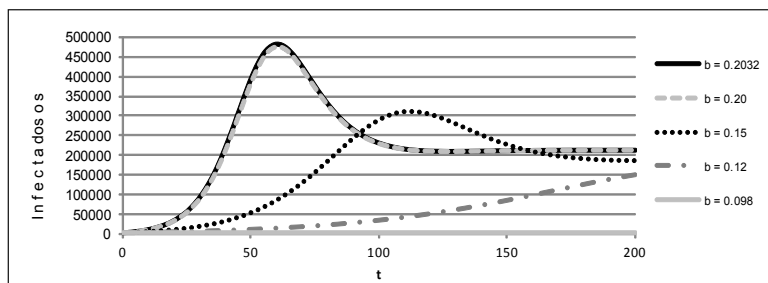


Figura 3. Evolución temporal de la población de infectados con valores de B_s : 0.2032, 0.20, 0.15, 0.12, 0.098



Se observa que a medida que B_s disminuye, los valores máximos en la población de infectados, son menores y se consiguen mas tarde en el tiempo. Cabe anotar que a partir del análisis cualitativo, valores de B_s menores o iguales a 0.098, generan un número reproductivo básico menor que uno, por lo tanto el sistema tiende al equilibrio trivial o libre de la enfermedad.

Según estos resultados, la disminución de la probabilidad de contagio cuando hay contacto entre un susceptible y un infectado, que puede lograrse con el aumento de la inversión en campañas de educación sexual que fomenten el uso frecuente del condón y disminuyan la promiscuidad, mejoraría la vulnerabilidad frente al virus de la población y reduciría significativamente los costos de tratamiento de los enfermos, debido a que el numero de máximo de infectados en la población disminuye drásticamente ♣

REFERENCIAS

1. Correa A, Velásquez G. Síndrome de inmunodeficiencia adquirida y virus de inmunodeficiencia humana. En: Borrero J, Vélez H, Rojas W, Restrepo J. Fundamentos de Medicina Enfermedades infecciosas. Colombia. Corporación para Investigaciones Biológicas; 2003; 6: 642-669.
2. González P, Quintero J. Un modelo de VIH-SIDA con Reinfección. Revista Matemáticas: Enseñanza Universitaria 2002; X (1,2): 63-79.
3. Departamento Administrativo Nacional de Estadística [Internet]. Base de datos poblacionales.2009. http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/#twoj_fragment1-4. Consultado agosto 2009.
4. Secretaria de Salud Municipal de Santiago de Cali [Internet]. Perfil y desempeño del cumplimiento de los objetivos de desarrollo del milenio en Cali, 1990-2007. http://calisaludable.cali.gov.co/secretario/presentaciones/Los_OBJETIVOS_DESARROLLO_DEL_MILENIO_EN_CALI.pps#259,1. Consultado agosto 2009.
5. Luque R. Situación y tendencias epidemiológicas de la infección por VIH/SIDA en Colombia. IATREIA. 2004; 17(3-S): p 297-298. Disponible en: <http://www.iatreia.udea.edu.co/index.php/iatreia/article/viewArticle/892#>.