

## Bases de la Transmisión en Ambientes Hospitalarios y Comunitarios

---

Dr. Roderick Escombe

La tuberculosis es una enfermedad de transmisión aérea, que se vehiculiza a través del núcleo infeccioso de las gotitas. Este núcleo tiene un tamaño entre 1 a 5 micras de diámetro, y por ser tan pequeñas y de poco peso, se quedan suspendidas en el aire durante largo tiempo. Hay que reconocer que con la tos también se generan gotitas más grandes, las que pueden tener hasta 100  $\mu\text{m}$  y permanecen suspendidas en el aire 10s que son responsables de otras enfermedades, tales como las de influenza. A menor tamaño de las gotitas, mayor es el tiempo que permanecen suspendidas en el aire: 20  $\mu\text{m}$  - 4 mins, 100  $\mu\text{m}$  - 17 mins, de 1 - 5  $\mu\text{m}$  permanecen más tiempo y siguen las corrientes de aire hacia otros ambientes.



Figura 1: Producción de gotitas al toser

La cantidad de gotitas que produce una persona hacia el medio ambiente, va a variar, de acuerdo a la actividad que realiza: al hablar aproximadamente 200 gotitas, al toser 3500 gotitas (figura 1), si estornuda de 4500 a un millón de gotitas, lo que es semejante a lo que se produce cuando se hace una broncoscopia o esputo inducido en los hospitales.

La evidencia por transmisión aérea de la tuberculosis a través de los núcleos infecciosos de las gotitas, es antigua, ello fue demostrado en el estudio que se llevó a cabo en Baltimore por Riley y Wells entre 1958-1962, el cual consistió en dejar pasar el aire a través de la habitación de pacientes con tuberculosis, para que luego este salga, pasando por ambientes con cobayos instalados en la parte superior de las habitaciones de los pacientes, consiguiéndose ocasionar infección y enfermedad de estos cobayos.

Este experimento de uso de cobayos para detectar la TB en el aire nuevamente fue realizado en el Perú en los años 2005 al 2006, construyéndose un ambiente de cobayos en la azotea del Servicio de Enfermedades Infecciosas y Tropicales en el Hospital Nacional Dos de Mayo. Se tuvo un promedio de 92 cuyes expuestos por 16 meses, el proceso fue el mismo,

el cual el aire era extraído de las habitaciones de los pacientes con tuberculosis usualmente asociado a VIH y luego pasaba por los ambientes donde estaban los cuyes. El ambiente fue construido cumpliendo todas las medidas de bioseguridad para las personas que en el trabajaban.

A fin de demostrar la infección TB en los cuyes, se les realizaba una prueba de tuberculina la cual se les colocaba en su abdomen, esta prueba se realizaba mensualmente. Los cuyes positivos eran sacados de la cabina para evitar la transmisión horizontal y eran sacrificados. Los órganos fueron cultivados para TBC, y se hicieron DNA fingerprinting en las cepas. En paralelo, se cultivo el esputo de pacientes para hacer DNA fingerprinting. Una asociación temporal de permanencia de paciente en la sala, y plazo de tiempo de contagio de cuyes, (en pares de pacientes / cuyes con la misma cepa) fue evidencia por transmisión.

Se expusieron en total 292 cuyes, se evidenció al término del estudio durante este periodo de 16 meses, de los cuales 144 tenía evidencia de enfermedad debido a TBC.

Con el análisis de cepas, se pudieron identificar a 12 pacientes responsables de las infecciones en los cobayos, de un total de 97 es decir todos los pacientes no fueron igualmente infecciosos. La transmisión estuvo asociada significativamente a los pacientes que tenían un frotis positivo, y al tratamiento sub-óptimo: la mayor parte de pacientes siguieron tratamiento para TB sensible teniendo cepas TB MDR, lo muestra la gran importancia del tratamiento eficaz para disminuir infectividad y controlar la transmisión. Por otro lado se observaron pacientes TBMDR muy infecciosos produciendo entre 226, 52 y 40 gotitas infecciosas por hora.

La infectividad de los pacientes con tuberculosis depende de tres factores, unos factores dependen del paciente, otros son factores ambientales y otros factores de la cepa:

Factores relacionados al paciente:

- el frotis, es decir si un paciente es BK +++, transmitirá más que un paciente BK ++. Así

mismo un BK +, transmite más que el BK -.

- el tratamiento eficaz, si se ofrece al paciente un tratamiento adecuado a la cepa, rápidamente disminuirá la carga bacilar en el esputo.
- la frecuencia de la tos, si una persona tose excesivamente e intensamente, la generación de núcleos de gotitas infecciosas será más intensa.
- las cavidades pulmonares: favorecen la generación de cepas de multiplicación rápida por lo tanto, un paciente que tiene cavidades, elimina mayor cantidad de bacilos.

Factores relacionados al esputo:

- es probable que la cantidad y/o consistencia de esputo u otras características influyan en la eficacia de la de transmisión.

Factores Ambientales:

- La concentración de gotitas en el aire, es uno de los factores más importantes de la transmisión, debido a que las gotitas suspendidas en el aire, estarán concentrándose progresivamente ante la presencia de un paciente con tuberculosis en dicha habitación. Por ello el riesgo de transmisión será menor si conversamos con un paciente al aire libre que en una habitación.
- El tamaño de la habitación, permitirá que las gotitas suspendidas en el aire, se difundan a través del aire de dicha habitación, por lo que a menor dimensión de la habitación, se logrará una mayor concentración en menor tiempo. Así las habitaciones amplias, serán más seguras.
- Hacinamiento: un ambiente con muchas personas infectadas sería más riesgoso que un ambiente con poca gente (eg sala de espera vs sala administrativa)
- El flujo de aire cruzado en una habitación, permite barrer el aire antiguo con mayor facilidad, permitiendo el recambio del aire nuevo, disminuyendo así la concentración de gotitas. y así si un ambiente tiene mayor facilidad para que haya flujos de aire que permita recambiar mucho aire en la habitación será mejor.

Factores relacionados a la cepa,

- Habilidad de algunas cepas de sobrevivir con mayor facilidad en los núcleos de gotitas que otras.
- Habilidad de algunas cepas para iniciar una infección al llegar finalmente en los alveolos de un huésped nuevo, por ello algunas cepas son mucho más infecciosas que las otras.

### TRANSMISION DE TB EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD

La transmisión de tuberculosis se da en la comunidad, se da en el hogar de los pacientes y se da también en los establecimientos de salud, y por cierto esta transmisión puede ser mucho más activa en algunos establecimientos de salud. Nosotros sabemos que una persona con tuberculosis que llega a un establecimiento de salud es capaz de toser y generar los núcleos de gotitas en diferentes ambientes del hospital: salas de espera o consultorios, donde estas gotitas se concentran, y pueden haber pacientes inmunosuprimidas o habitaciones mal ventiladas facilitándose así la transmisión.

Entonces en un ambiente hospitalario podemos reconocer que todas las personas que están en dicho hospital están bajo riesgo de exposición al M. tuberculosis, lo que incluye a los trabajadores de salud, pacientes y a visitantes. Se ha podido demostrar que la prevalencia de tuberculosis en trabajadores de salud es muy alta y hay muchos estudios que revelan esta condición, algunos realizados en estudiantes de medicina, médicos y enfermeras. Altos niveles de tuberculosis en estudiantes de medicina en Lima comparados con estudiantes de ingeniería, tiene una alta incidencia al momento de la práctica clínica este es un estudio realizado por el Dr. Moore en el año 2006. Otro estudio demuestra el riesgo

de transmisión de Tb en el servicio de emergencia del Hospital Dos de Mayo, donde 31% de pacientes diagnosticados de TB que no tenían sospecha de TB y estaban siendo atendidos sin ninguna protección. Igualmente a trabajadores de salud se logro determinar la incidencia de TB 7271,000 por 100.000 a través de la prueba de cuantiferon. Lo que muestra la incidencia más alta demostrada en nuestro país.

Sabemos que el impacto del VIH es mayor en el sentido en que estas personas luego de haberse expuesto pueden pasar a la enfermedad activa con mucha más facilidad y su riesgo estará en relación en el tiempo de permanencia en los establecimientos de salud.

El impacto de la TBMDR en las personas con VIH es importante no necesariamente porque sea más infeccioso sino por el hecho de que su tratamiento es más tardío por lo tanto la persona está sin tratamiento y transmite durante más tiempo. Además, ya hemos visto la importancia de transmisión aérea desde pacientes TBMDR tratados inadecuadamente con terapia de primera línea para TB, en la ausencia de diagnóstico de resistencia al inicio.

### ¿Dónde ocurre la mayor transmisión hospitalaria?

En general la mayor preocupación surge en los ambientes de neumología, de infectología, donde existen pacientes con tuberculosis. Sin embargo la transmisión también ocurre en los ambientes



Fig. 1 Racionamiento en la consulta ambulatoria

de Emergencia, consultorios externos, salas de espera, sala de Rayos x, donde no se piensa en TB, y acuden los pacientes no diagnosticados y no tratados. Ya sabemos que los pacientes sin tratamiento son los más infecciosos.



Figura 2: ambientes hospitalarios hacinados

Existen recomendaciones para prevenir la transmisión de TB en los establecimientos de salud, que se han generado en instituciones internacionales, tenemos que la primera de ellas fue en 1994 elaborada por el centro de prevención y control de enfermedades de Estados Unidos y fue reactualizada en el año 2005, luego la Organización Mundial de la Salud ha generado guías para la prevención y transmisión de tuberculosis en ambientes de servicio de salud en el año 1999 luego en el año 2006 y finalmente 2009; estas normas del 2009 incorporaron a las muchas observaciones realizadas por nuestro equipo de investigación en el Servicio de Enfermedades Infecciosas del Hospital Dos de Mayo.

La prevención de la transmisión de TB en establecimientos de salud considera tres tipos de controles:

- Los controles administrativos, que tienen como objetivo reducir la exposición de trabajadores de salud y pacientes al M. tuberculosis y se basa en lo siguiente:

- identificar y aislar rápidamente a los sospechosos de tuberculosis
- Higiene de tos, es decir cubrirse la boca al toser: enseñarle al paciente a cubrirse con un pañuelo o con una toalla descartable, o llevar una mascarilla de papel al esperar en una sala de espera, para no generar gotitas que puedan difundirse en el ambiente;
- diagnóstico rápido de TB: mientras más rápido diagnosticamos a un paciente el tratamiento va a ser importante en disminuir la eficacia de la transmisión, nuestro punto es iniciar el tratamiento eficaz lo más pronto posible y que además el tratamiento sea efectivo (TBMDR vs TB sensible),
- Minimizar tiempo dentro de los establecimientos de salud: esto en realidad vale para todos, principalmente para los pacientes, el tiempo de hospitalización prolongado los lleva siempre a riesgos de infecciones intrahospitalarias y una de ellas es la tuberculosis sobre todo en escenarios o países donde la tuberculosis es endémica lo mismo ocurre para familiares o personal de salud en los ambientes de riesgo.
- Establecer un “Flujo racional” para pacientes sospechosos de TB en los establecimientos de salud, para minimizar su tiempo de permanencia. Un paciente nuevo “tos, tos, no debe hacer cola, espera, hace otra cola, espera, hace cola de nuevo, espera, regresa al día siguiente para sus resultados, espera, hace cola, etc., todo ello en los ambientes hacinados de los EESS”. olvidando que el paciente nuevo (y sin tratamiento, es muy infeccioso) está exponiendo sus bacilos a todos.
- Otra medida de control administrativo importante es disponer de un plan de control de infecciones elaborado por el Comité de Control de Infecciones, aquí es donde se puede establecer responsabilidades, recursos e identificar áreas de riesgo, etc; otra medida

de control administrativo importante es el entrenamiento de los trabajadores – capacitación de los trabajadores para poder reconocer todos los elementos hablados anteriormente son importantes.

- Protección respiratoria personal, que si bien es cierto es la tercera en priorización, la mencionamos ahora, ya que las medidas de control ambiental las dejaremos para el final, por ser la razón de esta presentación. La protección respiratoria personal tanto es para pacientes como para personal de salud.

▫ Las mascarillas, se recomiendan para el paciente, estas pueden ser de papel o de tela, en general lo que se busca es proteger al ambiente (y de esta manera a todos en el hospital, incluyendo al personal de salud), atrapando las gotitas en esta barrera, evitando que sea erosolicen las gotitas en los ambientes. No se puede llevar todo el tiempo, y genera estigma etc, pero es posible llevar en ciertas situaciones de alta riesgo, por ejemplo en salas de espera de un consultorio de pacientes TB MDR.

▫ Los respiradores, son para el personal de salud, y cuyo objetivo es evitar que las gotitas que están dispersas en el ambiente lleguen a ser inhaladas. Estas son atrapadas por este filtro de tal manera que el personal de salud respira un aire sin gotitas infecciosas.

- Las medidas de control ambiental, cuyo objetivo es reducir la concentración de gotitas infecciosas en el aire, pueden ser de tres tipos:

▫ Ventilación mecánica: que consiste en hacer una instalación de ductos y motores, en habitaciones seleccionadas, que permitan la inyección y extracción de aire, teniendo como

objetivo 12 recambios de aire por hora (RAH) en las habitaciones, generando para ello una presión negativa al interior de las habitaciones, y el aire es conducido por ductos hacia un área externa segura. Para ello se necesita un buen diseño de instalación y un mantenimiento adecuado, además de un presupuesto para su mantenimiento ya que pueden haber desperfectos durante el tiempo de uso de estos sistemas de ventilación.

▫ La ventilación natural, es la más antigua y la primera a utilizar en el mundo, en la cual los antiguos sanatorios de tuberculosis aprovechaban ambientes grandes bien ventilados expuestos inclusive a la luz solar que permitían disminuir las gotitas infecciosas que pacientes producían con su tos, lo ideal de esta ventilación es conseguir que exista un flujo de aire cruzado que permita movilizar el aire con facilidad o teniendo ventanas contralaterales o disponiendo de ventanas en la parte superior de las habitaciones o claraboyas que permiten generar un efecto chimenea, es decir las gotitas en el aire asciende por la habitación hacia el exterior.

▫ La limpieza del aire a través de la luz UV o filtros HEPA.

La luz ultravioleta tiene un poder germicida contra el M. tuberculosis, por lo cual se han diseñado una serie de equipos que permiten esterilizar el ambiente. En los ambientes



donde hay pacientes los equipos están colocados a alturas específicas y la luz está orientada hacia la parte superior de las habitaciones, convirtiéndolos en ambientes seguros tanto contra la TB y la propia luz UV. Los filtros Hepa son bastante costosos, y requieren un recambio mayor en lugares de mayor contaminación ambiental.

## **USO DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN EL PERU**

La ventilación de una habitación se puede determinar midiendo la concentración de CO<sub>2</sub> en las habitaciones. Así, se cierra completamente una habitación y se mide el CO<sub>2</sub> basal, luego se libera CO<sub>2</sub> en dicha habitación y se hace una nueva medición, por lo que se aprecia un nivel bastante elevado, en los minutos siguientes se sigue midiendo esta concentración de CO<sub>2</sub> en la habitación y apreciaremos que esta desciende lentamente. Sin embargo, si abrimos las ventanas vamos a ver una rápida caída de concentración de CO<sub>2</sub> en dicha habitación hasta llegar a las cifras basales. Esta curva podemos introducirla en un software especial y nos permitirá determinar el número de RAH que hay en dicha habitación.

### **Evaluando la ventilación de diferentes ambientes hospitalarios**

Esta metodología ha sido empleada en 401 experimentos durante dos años en diversos hospitales de Lima (Plos medicine, como Natural ventilation for the prevention of air borne contagion.), midiéndose ambientes como salas de neumología, salas de infectología, salas de aislamiento de tuberculosis, salas de espera, salas de Rayos X, y consultorios externos. En todas las salas en promedio se midió una ventilación bastante alta, de 28 RAH. Nos encontramos con diferentes tipos de habitaciones algunas de ellas las construidas en los años 30 cuando se buscaba hospitalizar a los pacientes con tuberculosis, dichas habitaciones son muy amplias con techos altos con grandes ventanales y en estos se podrían apreciar un promedio de 40 RAH. Situación que difiere cuando se comprara con hospitales con diseños modernos dentro de los

hospitales antiguos, donde se aprecian que el RAH cae a un promedio de 17 recambios por hora y esto debido a que sus techos son más pequeños y las ventanas son igualmente bastante estrechas.

Apreciándose condiciones de ventilación natural bastante mejores en las construcciones antiguas en relación a las modernas.

Las ventajas de la ventilación natural, como vemos pueden ofrecer altas cantidades de recambios de aire, es gratuita, necesita relativamente muy poco mantenimiento, aplicable en muchos y diferentes lugares del hospital como consultorios externos (donde se encuentran pacientes infecciosos antes de su diagnóstico), aplicable para áreas tales como penales y produce menos residuos de carbón (es decir no necesita electricidad).

Las desventajas de la ventilación natural, es que depende del clima, siendo difícil de seguir en épocas de invierno, es imposible de controlar la dirección del flujo, la generación de ruido externo, la seguridad, puesto que muchas personas pueden escaparse por estas ventanas, por lo que es necesario colocar rejas, generándose así un problema de seguridad frente al riesgo de fuego.

### **Investigaciones de bajo costo para mejorar la ventilación natural en algunos establecimientos de salud,**

- Intervención realizada en la sala de espera de consultorios externos del H2M, en una amplia habitación para alrededor de 20 consultorios externos, que tenía en su parte superior una teatina de vidrio cerrada, que solo permitía ingresar luz. Intervención: Se colocó unas varillas que elevaban la ventana de la teatina unos 110 cms, lo que permitió ingresar aire y mejorar de un promedio de 5.5 a 15 RAH.
- Intervención en los consultorios externos, los cuales disponen de una ventana, y la puerta de acceso, la cual permanece cerrada durante la atención médica, no habiendo un flujo de aire cruzado. Intervención: se redujo la altura de la puerta y en la parte superior de esta puerta, se instalaron unas ventanas, favoreciéndose así el flujo de aire cruzado y variar los recambios

de aire de un promedio de 3.6 a 17 RAH.

- Intervención en la sala de espera de neumología y del Programa de Control de Tuberculosis, donde hay muchas ventanas pero la mayoría de ellas estaban cerradas, sin poderse abrir. Intervención: consistió en romper los vidrios de la parte superior de dichas ventanas y como consecuencia de ello se varió los recambios de un promedio de 9.5 a 17 RAH.
- Hay otros ejemplos de mejoras de estas salas de recambio realizadas en algunos hospitales como es una construcción moderna que tenía la sala de espera al interior del área de consultorios y esta área no tenía ventilación, salvo los propios consultorios que tampoco eran muy ventilados. Entonces se buscó generar una sala de espera muy ventilada en un área externa adyacente y de esa manera en ese pasillo ya no esperaban los pacientes, esta área que en la evaluación previa tenía 8.2 recambios de aire por hora pasó a tener 62RAH, y el consultorio al cual se le colocó una nueva ventana, mejoró de 2.7 a 12 RAH. Es muy importante ubicar los servicios y cuidar los flujos de aire en las áreas de consulta externa fundamentalmente, las cuales de preferencia deben ubicarse hacia la parte externa, donde se puede acondicionar fácilmente bancas y un techo.

### **Investigación para evaluar la utilidad de la luz UV en un servicio de infectología,**

En el H2Mm se desarrolló un estudio semejante al estudio Wells, ya mencionado al inicio de este artículo, se realizó una investigación que consistió en exponer el aire antes que pasen por las habitaciones de los cobayos. En un caso el aire era expuesto a luz UV en las habitaciones de los pacientes, y en el segundo caso (grupo control) el aire no era tratado. El estudio demostró que la luz UV instalado en salas hospitalarias llenas de pacientes disminuía la transmisión de TB en 70%.

### **TRANSMISIÓN DE TB EN CASAS**

Estudios de TB en contactos domiciliarios han mostrado una elevada incidencia, variando entre

20% - 80% de los contactos infectados. Debido a ello, es reconocido a la búsqueda de casos en contactos de Tb domiciliarios.

Estudios recientes en Lima, encuentran en 128 pacientes con TB, en los cuales a sus cepas de M. tuberculosis, se les realiza fingerprinting, muestran que la mitad de la transmisión ocurre fuera de la casa (50% de cepas diferentes), y en el resto las cepas fueron las mismas (personal communication Dr Louis Grandjean).

Entonces ¿dónde está sucediendo esta transmisión de TB?, y esto parece ser en la propia comunidad, si es que sumamos a los pacientes que no tienen contactos TB definidos.

### **¿Puede haber transmisión de TB en el uso del transporte público?**

Un análisis retrospectivo de todos los casos de TB pulmonar en una micro-red de salud, encontró que el trabajo en el sector transporte fue asociado significativamente con TB: OR 3.06 (95% CI 2.2-4.2), así mismo como con MDR-TB: OR 3.14 (95% CI 1.1-9.1). Risk of tuberculosis in public transport sector workers, Lima, Peru. Horna-Campos OJ, Bedoya-Lama A, Romero-Sandoval NC, Martín-Mateo M. Int J Tuberc Lung Dis. 2010 Jun;14(6):714-9.

Otro estudio, en el cual se entrevistaron 104 cobradores/choferes de combis en Lima, se les hizo la prueba de tuberculina, encontrándose positiva en un 77.6%, y ellos estuvieron relacionados con trabajo de más de 2 años, y >60 h/semana. (Pulmonary tuberculosis infection among workers in the informal public transport sector in Lima, Peru. Occup Environ Med. 2011 Feb;68(2):163-5). (doi: 10.1136/oem.2009.051128. Epub 2010 Nov 23).

La pregunta sería, si es que los nuevos sistemas: Metropolitano, tren eléctrico podrían tener un rol semejante?

### **¿Puede haber transmisión de TB en el compartir en ambientes comunes?**

Como pueden ser iglesias, bibliotecas, etc. Así lo muestra un estudio realizado en Ciudad del Cabo en SudÁfrica, cuando se aprecia que personas



Figura 3: Ambientes comunitarios hacinados



Figura 4: ambientes comunitarios potencialmente riesgosos

con TB, acudían a la iglesia, y otros centros públicos, durante el curso de su enfermedad (Murray et al. IJTLD 2009).

Otros lugares, ya bien conocidos son los penales.

### ¿Puede haber transmisión de TB en edificios hacinados?

Tanto dentro de las viviendas, como en las zonas compartidas: pasadizos, Escaleras, Ascensores

### CONCLUSION:

La transmisión de la tuberculosis continúa siendo un importante problema de salud pública. La transmisión de la tuberculosis para el personal y los pacientes en los servicios de salud ha sido documentada, y es cada vez más importante en la era actual debido a la infección por el VIH y la tuberculosis resistente a múltiples medicamentos. Cada vez hay más pruebas de estudios en análisis de ADN que mucha transmisión de la tuberculosis se produce fuera del hogar. Mientras que una parte de ella, sin duda ocurre en los centros de salud, es probable que la transmisión ocurra en otros lugares, especialmente en las zonas superpobladas y mal ventilados, por ejemplo en el transporte público. Es un deber para los profesionales de salud pública promover un entorno que minimice el riesgo de transmisión de la enfermedad, especialmente en las ciudades en crecimiento y de hacinamiento de gran parte del mundo en desarrollo. Existe necesidad de nuevas investigaciones sobre la transmisión aérea de la tuberculosis en la comunidad, que guiará las intervenciones para reducir la transmisión y ayudar a limitar la epidemia en curso de esta antigua enfermedad.