



Manual de manejo de brotes y de alertas y crisis en salud pública.

Javier Guillén Enríquez
Juan Carlos Fernández Merino
Juan de Mata Donado Campos (Coordinador)

Noviembre de 2016

Página en blanco

Manual de manejo de brotes y de alertas y crisis en salud pública.

Autores

Javier Guillén Enríquez

Servicio de Vigilancia y Salud Pública
Consejería de Salud. Junta de Andalucía.
fjavier.guillen@juntadeandalucia.es

Juan Carlos Fernández Merino

Servicio de Información y Evaluación
Consejería de Salud. Junta de Andalucía
juanc.fernandez.merino@juntadeandalucia.es

Juan de Mata Donado Campos (Coordinador)

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública y Microbiología
Universidad Autónoma de Madrid
juandemata.donado@uam.es
juan_donado_campos@hotmail.com

Noviembre de 2016

<http://www.proyectosame.com/brotes/inicio.htm>

Los contenidos de este manual y se pueden utilizar y distribuir libremente siempre que sea de modo gratuito y se indique la fuente.

Cita sugerida

Guillén Enríquez J, Fernández Merino JC, Donado Campos J (coordinador) Manual de manejo de brotes y de alertas y crisis en salud pública. Consejería de Salud. Junta de Andalucía. Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública y Microbiología. Universidad Autónoma de Madrid. <http://www.proyectosame.com/brotes/inicio.htm>
Madrid. Noviembre 2016

Índice

Introducción	7
 I. PARTE. ALERTAS SANITARIAS Y CRISIS DE SALUD PÚBLICA	
¿Qué es una alerta de salud pública?	13
Concepto general de alerta epidemiológica	14
Objetivos y elementos de una alerta epidemiológica	15
Tipos de alertas	18
¿Qué es una crisis de salud pública?	20
Intervención ante una crisis de salud pública	22
 II PARTE. INVESTIGACIÓN DE UN BROTE	
¿Qué es un brote? ¿Por qué aparecen?	25
¿Cómo se detectan los brotes?	27
¿De qué depende la duración de un brote? ¿Cuándo terminan?	28
¿Cuáles son los tipos de brotes?	28
¿Qué son los brotes ocultos o no observados?	29
¿Para qué es necesario estudiar brotes?	29
¿Cuáles son los pasos a seguir en el estudio de un brote?	30
Paso 1. Establecer la existencia de un brote.	31
Paso 2. Definir el responsable de investigar el brote. Composición del equipo de investigación.	34
Paso 3. Planificación de toma de muestras clínicas y medioambientales. Diseño de un cuestionario. Establecer una definición inicial de caso.	35
Paso 4. Confirmación del brote. Contar los casos. Búsqueda activa de otros casos. Recogida de información de los casos.	40
Paso 5. Describir los datos en términos de la distribución: tiempo, lugar y persona. Y los determinantes: agente, huésped y medioambiente. Determinar quién está a riesgo de enfermar.	44
Distribución: tiempo, lugar y persona	44

Tiempo. Curva epidémica.	45
Lugar o territorio epidémico.	50
Características personales	51
Determinantes: agente, huésped y medioambiente	53
Paso 6. Probar y confirmar la/s hipótesis cuando sea	
Posible. Tasa de ataque	54
Paso 7. Tomar o recomendar medidas de control y prevención.	
Investigación versus control	58
Paso 8. Escribir los hallazgos (informe provisional y final)	
Difundir los informes para facilitar el desarrollo de la investigación en el futuro.	59
Referencias	64

III PARTE. ANEXOS

Anexo I. Glosario	69
Anexo II. Errores más frecuentes en la investigación de brotes	141
Anexo III. Comunicación de riesgo	143
Anexo IV. Aspectos específicos según tipo de brotes	145
Anexo V. Patrones de contacto	149
Anexo VI. Modelo gravitacional	163
Anexo VII. Métodos probabilísticos	167
Anexo VIII. Ondas epidémicas	175
Anexo IX. Indicios epidemiológicos de un ataque bioterrorista	179
Anexo X. Lista de verificación para dar respuesta a la aparición de un brote, epidemia o pandemia	181
Anexo XI. Tipos de alertas epidemiológicas por brote o clúster en 2014 y en el periodo 2009–2013 en Andalucía	187
Anexo XII. Sistemas y redes de vigilancia y alertas de la Administración General del Estado	189
Anexo XIII. Fases de evaluación a realizar por los dispositivos de Salud Pública ante una alerta por accidente con sustancia tóxica	191
Anexo XIV. Brote psicógeno de masas	193
Anexo XV. Alertas por enfermedades emergentes y reemergentes	195
Anexo XVI. Análisis preliminar de un brote. Método de los cinco datos.	201
Anexo XVII. Estimaciones de los casos nuevos y otros parámetros en enfermedades infecciosas.	211

Introducción

El aspecto fundamental que define a la sociedad del siglo XXI es la globalización. La globalización es un proceso dinámico de carácter económico, tecnológico, social y cultural a gran escala, que consiste en la creciente comunicación e interdependencia entre los distintos países del mundo unificando sus mercados, sociedades y culturas, a través de una serie de transformaciones sociales, económicas y políticas que les dan un carácter global.

Estas transformaciones tienen como una de sus consecuencias la aparición y difusión de enfermedades en lugares donde antes no existían, aparición de brotes o epidemias... Enfermedades que son transmitidas por virus, bacterias, vectores, ... o “transmitidas” por los estilos de vidas como el sedentarismo, las dietas desequilibradas, tabaco,

Para evitar o controlar la difusión de las enfermedades la 58ª Asamblea Mundial de la Salud, en 2005, actualizó el Reglamento Sanitario Internacional cuya finalidad y alcance son prevenir la propagación internacional de enfermedades, proteger contra esa propagación, controlarla y darle una respuesta de salud pública proporcionada y restringida a los riesgos para la salud pública y evitando al mismo tiempo las interferencias innecesarias con el tráfico y el comercio internacionales.

Para llevar a cabo estos objetivos es necesario conocer en primer lugar cuáles son las causas por las cuales aparecen, se difunden y establecen estas enfermedades y en segundo lugar debemos conocer cómo se comportarán en el futuro una vez que se establecen en un determinado sistema social con la finalidad de instaurar medidas de prevención primaria, secundaria o terciaria. En este sentido la epidemiología juega un papel fundamental.

Epidemiología es el estudio de la aparición y *distribución de estados o eventos relacionados con la salud en poblaciones específicas*. Incluye el estudio de los *determinantes o características del agente, huésped y medioambiente* que influyen en dichos estados y la aplicación de este conocimiento para promover, proteger y restaurar la salud. Este estudio incluye la vigilancia, la observación, el contraste de hipótesis, investigación analítica y experimentos. Cuando hablamos de *distribución* nos referimos al análisis del **tiempo, lugar y personas** afectadas en una población o grupo social. Los *determinantes* incluyen todos los factores físicos, biológicos, sociales, económicos, culturales y de comportamiento que influyen sobre el estado de salud. Los *eventos relacionados con la salud* incluyen enfermedades, causas de muertes, comportamientos, respuestas a programas de prevención y provisión y utilización de servicios de salud. *Poblaciones específicas* son aquellas que poseen características comunes que son identificables.

El estudio conjunto de estos aspectos (eventos, determinantes y distribución) nos delimita lo que se conoce como la **historia natural de la enfermedad**. El conocer la

historia natural de la enfermedad es fundamental para poder comprender el por qué ha aparecido un brote o una epidemia en una población.

Al abordar el estudio de brotes o epidemias debemos tener en mente además las interrelaciones existentes entre los individuos que forman parte de una comunidad ya que según se desarrollen favorecerán o no la aparición de éstas: 1. Las interrelaciones entre las personas que forman parte de una comunidad influyen en la conducta o comportamiento de los mismos. 2. Esto implica que estas personas no se comportan de manera espontánea, sino que su conducta es debida en gran medida a la presión que impone la estructura del grupo social a la que pertenecen. 3. Estas conductas influyen sobre los estilos de vida de las personas como por el ejemplo el tipo de dieta que siguen, actitudes antes el consumo de drogas, relaciones sexuales de riesgo, consumo de alcohol y tabaco, etc. Estilos de vida que influyen en el desarrollo de las enfermedades. 4. Estas interrelaciones entre las personas no tienen una forma unidireccional en la que un determinado comportamiento provoca un determinado resultado o acción (lo que llamamos correlación), sino que a su vez este resultado o acción influye a su vez en los comportamientos que a su vez vuelve a influir en los resultados. Es decir, el tipo de interrelaciones que tienen unas personas con otras y con ellas mismas tienen un comportamiento circular o de **bucle** de realimentación (*feedback*) 5. Sin embargo, aunque existan comportamientos e interrelaciones individuales los grupos sociales se comportan como un todo homogéneo, siendo posible discernir claramente el tipo de grupo social dentro de una región o nación.

El “conjunto de partes que al interactuar unos con otros funcionan como un todo” recibe el nombre de **sistema**. Desde el punto de vista de la salud pública en nuestro caso estaríamos ante un **sistema social**.

Los sistemas sociales son **sistemas complejos** ya que muestran una complejidad dinámica lo que significa que el comportamiento del sistema no depende de la cantidad de elementos (individuos) que lo formen sino de la forma de que interrelacionan entre ellos. Algunas de estas interrelaciones son positivas y gobiernan los procesos de crecimiento, mientras que otras son negativas y gobiernan los procesos estabilizadores. Estas características definen a lo que Susser denomina un *modelo ecológico complejo* en el que el agente el huésped y el medioambiente participan en interacciones continuas en un determinado ambiente. Si estos determinantes están en equilibrio (**homeostasis**) se mantiene el estado de salud en la comunidad. Si este equilibrio se rompe aparecerá un brote o una epidemia.

Los sistemas complejos poseen **propiedades emergentes**. Una propiedad emergente es aquella que surge únicamente cuando un sistema está en funcionamiento, por encima de las partes que lo compongan. Por ejemplo, no podemos desmontar un reloj (sistema) para ver como mide el tiempo (propiedad emergente). No podemos extraer el cerebro (sistema) y buscar cómo se producen los sentimientos y el pensamiento (propiedades emergentes) En nuestro caso no podemos estudiar brotes o epidemias estudiando solo a los individuos (sistema) sin tomar en

consideración las interrelaciones de todo tipo que ocurren en el ambiente donde viven (propiedad emergente).

Mientras más complejo es un sistema, menos fiables son la toma de muestras para predecir posibles efectos y más resistentes son a los cambios.

Un tipo de sistema complejo son los **sistemas emergentes o autoorganizados**. En estos sistemas, los individuos que forman parte de él **se organizan y resuelven las dificultades** que les acechan **en ausencia de una jerarquía** o un mando centralizado, al menos en apariencia. Es decir, las decisiones se toman de abajo a arriba en vez de arriba abajo. Entre los ejemplos de sistemas emergentes tenemos la creación de suburbios en las grandes ciudades, la creación de colonias por las hormigas, las protestas vecinales, el hecho de que se salga de vacaciones a la misma hora o vayan todos a un mismo sitio de vacaciones, la utilización de las redes sociales,... En estos casos se difumina el comportamiento individual y aparece un comportamiento colectivo o **comportamiento emergente**. Es importante tener en mente esta característica cuando abordemos el estudio de las causas y sobre todo cuando queramos instaurar medidas de control y prevención de brotes y epidemias.

Ampliación. Consulte en el glosario, anexo I, las palabras escritas en ***negrita cursiva***

Este manual y toda la documentación de apoyo se puede descargar de la siguiente dirección

<http://www.proyectosame.com/brotes/inicio.htm>

Página en blanco

I parte

Alertas sanitarias y crisis de salud pública

¿Qué es una Alerta de Salud Pública?

Las actividades de vigilancia epidemiológica tienen una larga tradición, encontrándose su origen en la declaración a las autoridades sanitarias de situaciones epidémicas y casos de enfermedades transmisibles. Con los cambios en el patrón epidemiológico de enfermar y de la organización social y sanitaria, el concepto de vigilancia epidemiológica ha evolucionado, incluyendo además de las actuaciones tradicionales indicadas, el análisis continuado de la situación sanitaria como apoyo a la planificación sanitaria y la evaluación de la efectividad de las intervenciones sanitarias.

La transición de una *vigilancia epidemiológica* tradicional, basada en un sistema de declaración fundamentalmente pasivo, con elementos de baja sensibilidad, bajo valor predictivo, baja oportunidad, y respuesta limitada a enfermedades transmisibles; a una *vigilancia de salud pública* basada en un sistema de declaración activo por parte de sus componentes, jerarquizado y organizado por niveles, con alta sensibilidad a todos los problemas, con protocolos de actuación, alto valor predictivo, alta oportunidad, y respuesta ante cualquier riesgo o problema de salud, transmisible o no, requiere incorporar la atención a las enfermedades infecciosas emergentes y re-emergentes, a situaciones epidémicas, incidentes ambientales, riesgos accidentales o provocados, riesgos derivados de fármacos, o de productos sanitarios o por efectos secundarios asistenciales (IRAS: Infecciones Relacionadas con la asistencia).

Estas situaciones, requieren una monitorización previa adecuada, a través de sistemas de información, acompañado de la detección y comunicación de situaciones de alerta por incidentes protocolizados como tales y una respuesta rápida al mismo, que con frecuencia es multisectorial. Todo ello requiere la adaptación del sistema de vigilancia para recoger estas situaciones de riesgo para la salud de la población.

La vigilancia en salud pública incluye tanto la vigilancia de los efectos en salud como de los riesgos y la exposición a los mismos, lo que implica la coordinación entre las distintas redes de vigilancia existentes (fundamentalmente epidemiología, seguridad alimentaria, sanidad ambiental, y medicamentos y productos sanitarios).

La alerta de salud pública es un concepto que engloba al de brote, caso de EDO urgente, clúster, epidemia, crisis, alarma sanitaria, y que incluye la necesidad de actuación de los distintos dispositivos de Salud Pública (epidemiología, medicina preventiva, veterinaria, sanidad ambiental, para resolverla).

Una de las primeras definiciones en nuestro ámbito aparece en la normativa de la Comunidad Autónoma de Andalucía (1996) y posteriormente en la Unión Europea (2000), con el Sistema Europeo de Alerta y Respuesta Temprana (Early Warning Response System, EWRS).

Pasamos a desarrollar algunos términos de interés que aparecen en el mencionado Decreto de la C.A. andaluza.

Ampliación. En la opción de **Bibliografía** de la página web encontrará un extracto del decreto andaluz junto con otra normativa de interés y dentro de la referencia Módulos de Principios de Epidemiología para el Control de Enfermedades (**MOPECE**) encontrará el desarrollo del concepto de Vigilancia de la Salud Pública. Asimismo, en el módulo IX del curso de Experto, opción Experto de la página web, se desarrolla y amplía el concepto de vigilancia epidemiológica.

Concepto general de alerta epidemiológica

Una alerta epidemiológica es un fenómeno de potencial riesgo para la salud de la población y/o de trascendencia social frente al cual sea necesario el desarrollo de actuaciones de salud pública urgentes y eficaces (Art. 13, 1ª del decreto). Estos fenómenos de potencial riesgo pueden ser:

1) Aparición súbita de riesgos. Estos riesgos requerirían la intervención inmediata desde la perspectiva de la salud pública. Así, se contemplaría cualquier accidente o situación que pudiera generar exposición humana a sustancias tóxicas o a otro agente o sustancia con riesgo potencial para la salud humana, por ejemplo a través de abastecimientos de agua, alimentos comercializados. También se incluirían en este apartado alarmas sociales relacionadas con la salud.

2) Brotes epidémicos. Con independencia de su naturaleza o causa. Pueden ser enfermedades transmisibles o no transmisibles. Se incluye en este apartado la aparición de agregaciones temporo-espaciales o *clusters* por problemas de salud.

3) Un caso de enfermedad de declaración obligatoria (EDO) de carácter urgente o agente infeccioso nuevo. Un solo caso de estas enfermedades implica una actuación urgente de los dispositivos similar al supuesto de brote, pues en esencia dadas las característica de la enfermedad estaríamos evitando la aparición de un brote de la misma. Según la Orden SSI/445/2015, de 9 de marzo (BOE 17 de marzo de 2015) Las siguientes enfermedades son de declaración urgente con envío de datos epidemiológicos básicos: Cólera; Gripe humana por un nuevo subtipo de virus; SARS (en español: Síndrome Respiratorio Agudo Grave); Fiebre amarilla; Fiebre del Nilo occidental; Fiebres hemorrágicas víricas; Peste; Rabia; Difteria; Poliomielitis/parálisis flácida aguda en menores de 15 años; Viruela.

4) Alertas en otras situaciones:

- Procesos en los cuales la consideración de alerta quede reflejada en su protocolo específico, y otras comunicadas formalmente como tales por la Consejería de Salud o por el Centro Nacional de Epidemiología dentro de la Red Nacional.

Usualmente son brotes epidémicos que afectan geográficamente a más de una C. A. o con foco en una de ellas y afectación de residentes en más de una.

- Alertas del sistema de alerta temprana europea:

- a) Brotes de enfermedades extendidas a más de un estado miembro de la CEE
- b) Enfermedades emergentes o re-emergentes cuya contención requiera actuación coordinada.
- c) Acumulación de casos de enfermedades, con riesgo de propagación interna.

Objetivos y Elementos

Sistema de Alerta en Salud Pública. Redes de Vigilancia.

Un desarrollo inicial de un sistema de alerta en Salud Pública aparece, con la aplicación del concepto de alerta que hemos visto. En España en 1995 se crea la Red nacional de Vigilancia Epidemiológica a través del Centro Nacional de Epidemiología, en la CA de Andalucía en 1996, aunque ya existía anteriormente, en la Unión Europea en 2000, con el EWRS. En España el organismo encargado de estudiar las alertas y emergencias sanitarias es el Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias, CCAES creado en el año 2004 (ORDEN SCO/564/2004, 27 de febrero).
<http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/home.htm>

El Reglamento Sanitario Internacional de 2005 establece que cada estado miembro debe desarrollar la capacidad necesaria para responder con prontitud y eficacia en todos los niveles y durante las 24h del día. Un reflejo de ello es la potenciación de las redes europeas de vigilancia epidemiológica, higiene alimentaria, ambiental, laboral, industrial o tóxica, farmacéutica o de productos y tecnologías sanitarias, emergencias debidas a catástrofes naturales o a efectos adversos de la asistencia sanitaria.

La Ley 33/2011 General de Salud Pública nacional (Artº 13.3) establece: “Con el fin de coordinar los diferentes sistemas de vigilancia se creará la Red de Vigilancia en Salud Pública, que incluirá entre sus sistemas el de alerta precoz y respuesta rápida. Este sistema tendrá un funcionamiento continuo e ininterrumpido las veinticuatro horas del día”.

Ampliación. En la opción de **Bibliografía** de la página web encontrará la siguiente documentación:

- 1.- Real Decreto de creación de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica
- 2.- Orden que modifica los anexos del RD anterior.
- 3.- Reglamento Sanitario Internacional
- 4.- Ley General de Salud Pública
- 5.- Protocolos de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica
- 6.- Orden de establecimiento del CCAES

Elementos del sistema de alertas.

Una red de alerta se concibe como una red integrada jerarquizada y permanente de dispositivos de Salud Pública de distinto origen que detecta e interviene de manera urgente, ante situaciones de riesgo para la salud pública, potenciales, reales o que generen alarma social. Estas situaciones pueden derivar de la creencia u ocurrencia real de brotes epidémicos, problemas relacionados con la salud ambiental, la seguridad alimentaria, el uso de medicamentos o de productos sanitarios y los efectos adversos de la atención sanitaria, y que tras su valoración requieren una intervención urgente, inaplazable, ya ocurra el suceso dentro o fuera del horario laboral.

Objetivos

Una Red de alerta y respuesta rápida, debe integrar dispositivos del Sistema Sanitario de distinto origen, y que esté conectada con redes de otros Organismos (Medio Ambiente, Agricultura, Industria, Emergencias 112, etc). Además debe ser permanente (24 horas), sensible en la detección, que facilite una respuesta protocolizada y gradual de recursos según el incidente que atienda; que permita un conocimiento cercano al tiempo real de estas situaciones y de la respuesta realizada, a través de una red de comunicaciones, y que facilite la adopción de medidas de prevención y control futuro de los procesos analizados.

Objetivos específicos que caracterizan un sistema de alertas:

- Definir y establecer problemas de salud pública que puedan constituir alertas.
- Tener cobertura territorial y poblacional completa en su ámbito.
- Funcionamiento permanente de 24 horas, con la ayuda de dispositivos del Sistema Sanitario (112 por ejemplo), con el fin de detectar, notificar e intervenir de forma temprana en aquellas situaciones que así lo requieran.

- Coordinación entre redes temáticas (epidemiología, sanidad alimentaria, higiene alimentaria, medicamentos...), y Integrado en los dispositivos existentes de preparación y actuación ante emergencias colectivas con posibilidad de consecuencias sanitarias.
- Sistemas de información ágil y suficiente: (comunicación a tiempo real, con teléfonos y portátil o tabletas, basado en Internet corporativo, SIG, con fichas con información básica y específica, posibilidad de búsqueda retrospectiva sobre los problemas).
- Detectar en el ámbito territorial definido todas aquellas situaciones definidas como alerta.
- Comunicación urgente de estas alertas al nivel superior establecido.
- Estructura en niveles (central, provincial, local), con intervención gradual según la gravedad del problema.

Otros elementos de estructura proceso y resultados:

- Actuaciones protocolizadas y responsabilidades definidas.
- Orientación a la acción: capacidad de aportar la información oportuna, suficiente y apropiada sobre los eventos, para permitir la intervención ágil y correcta y evaluarla. Capacidad de movilizar recursos y de respuesta inmediata y gradual en caso necesario.
- Sensible para detectar la mayor parte de los episodios que sucedan en el ámbito territorial correspondiente. Notificación por sospecha, no debe eliminar procesos considerados inicialmente como poco graves, pues pueden ser el indicador inicial de otro proceso más grave, o de una agregación geográfica o multifocal.
- Participación de toda la red de vigilancia epidemiológica: distritos, hospitales (públicos y concertados privados), redes de asistencia a tercera edad, centros penitenciarios y militares, ayuntamientos.
- Informes provisionales y final obligatorio de la investigación realizada con propuesta de recomendaciones para control y prevención. Preferible poder ser adjuntados a la ficha de la alerta en Internet.
- Participación de la red de laboratorios clínicos y de Salud Pública, para análisis de muestras.
- Existencia de un responsable único de la investigación (generalmente epidemiólogo) y de portavoz de la información a la población y medios de comunicación.
- Formación específica del personal y creación de equipos de apoyo necesarios.
- Retroalimentación permanente con periodicidad mínima semanal desde el nivel central y provincial de las alertas producidas.
- Mejora continuada mediante monitorización de indicadores de evaluación del sistema, entre ellos pueden señalarse evaluación de la investigación realizada,

auditorías, demora en la detección del brote, falta de confirmación microbiológica, sensibilidad en la detección, etc.

Tipos de alertas

En las sociedades industrializadas con acceso a la información, existen factores que generan en la población, en ocasiones, la percepción de un riesgo inminente para la salud, aún sin que existan personas afectadas, entre los que tenemos:

- El proceso de urbanización, la especulación del suelo y la construcción en áreas de riesgos industriales, naturales, etc., que requiere respuestas complejas ante la exposición a riesgos ambientales o desastres naturales o inducidos.
- Envejecimiento de la población y su agrupación en instituciones. La salud de este grupo de población puede ser afectada de manera colectiva por procesos banales (brotes de gastroenteritis en residencias).
- Uso de medicamentos, productos biológicos y tecnologías sanitarias cada vez más complejas.
- La globalización: nos afectan crisis sanitarias y riesgos que se generan en cualquier parte del planeta (SARS, Gripe aviar).
- Resistencia social a asumir cierto nivel de riesgo, relacionados en muchas ocasiones con los beneficios que nos aporta nuestra forma de vida, teniendo en cuenta que esta resistencia es variable, dependiendo de que la exposición sea previamente conocida o no.

Podemos citar entre **posibles causas de alertas**, las siguientes situaciones, algunas de ellas asimilables a brotes epidémicos clásicos, pero otras no, comentamos también algunas características de las mismas:

ALARMA SOCIAL: Hay circunstancias que la generan, de forma justificada o no, con frecuencia se recogen en los medios de comunicación, y en pocas horas pueden precisar de una intervención de la autoridad sanitaria. Ej.: sospecha de brote de meningitis en centro escolar.

AGREGACIÓN TEMPORO-ESPACIAL O CLUSTER: Agregación de casos en tiempo o espacio, hay que buscar una posible causa común, lo que lo transformaría en brote epidémico.

AGREGACION DE DEFUNCIONES. Debe valorarse si existen implicaciones de salud pública que supongan riesgo colectivo por las causas de las muertes producidas. Ej. muerte por toxi-infección alimentaria, intoxicación por plaguicidas.

CAMBIOS MEDIOAMBIENTALES: La industrialización y los cambios en el medio que nos rodea: contaminación ambiental, olas de calor.

INTOXICACION POR PLAGUICIDAS Y OTRAS SUBSTANCIAS: Los plaguicidas pueden contaminar alimentos y estos ser distribuidos, consumidos o robados aún en cultivo. La causa más frecuente es la exposición laboral. En todos los casos puede haber implicaciones colectivas. Otras posibles causas de brotes por intoxicación relativamente frecuentes son a) aspiración de exceso de cloro en piscinas, b) inhalación de monóxido de carbono por braseros domésticos, inhalación de amoníaco industrial, etc. En cualquier intoxicación individual hay que descartar la afectación de más personas. En el anexo 14 se describen someramente las fases de la evaluación a realizar ante un incidente de esta naturaleza.

TOXI-INFECCION ALIMENTARIA (TIA):

I. TRAS CONSUMO EN ESTABLECIMIENTO PUBLICO, ALIMENTO COMERCIALIZADO. Ante cuadros clínicos asimilables a TIA, se debe preguntar por el consumo de alimentos en las últimas 24 - 36 horas, si pudiera estar implicado un establecimiento público de consumo o distribución de alimentos, en caso afirmativo hay que tomar muestras y realizar encuestas epidemiológicas para determinar el alimento implicado e inmovilizarlo si procede. Además podrían existir otros afectados, a los cuales hay que localizar. Se valorará a efectos de la intervención la gravedad clínica de los casos.

Puede existir afectación de muchas personas. Debe realizarse la encuesta epidemiológica de inmediato.

III: TIA DE AMBITO DOMICILIARIO. Es importante que se recojan muestras inmediatamente o se conserven adecuadamente hasta el día siguiente. Si se acumulan brotes domiciliarios en el mismo ámbito, debe sospecharse la implicación de un alimento comercializado o un establecimiento de restauración.

BROTE DE GASTROENTERITIS

I. CON POSIBLE ORIGEN COMUN (HIDRICO O TIA). Ante un acúmulo de casos de gastroenteritis de forma dispersa en una población, o en una barriada, debe descartarse una enfermedad de transmisión hídrica de fuente común: problema en la red de abastecimiento de aguas, fuentes de agua, pozos, etc. O un proceso de TIA

II. EN UNA INSTITUCION CERRADA O AMBITO DOMICILIAR. Hay que descartar el origen común o la transmisión persona a persona, para ello, aparte de la toma de muestras se analizan las características de la curva epidémica (ver más adelante).

BRUCELOSIS. Debe descartarse transmisión por consumo y distribución de lácteos o derivados, de la infección humana directa transmitida por ganado, que suele ser de origen laboral.

LEGIONELOSIS: Ante la aparición de más de un caso, debe investigarse con rapidez la posibilidad de fuente común (generalmente aerosoles de agua en sistemas grandes – torres- de refrigeración). Otras posibles fuentes de mucha menor frecuencia son balnearios, spas, lavaderos de coches, obras con apertura de tuberías, riego por aspersión, etc.

LESION POR ANIMAL. POSIBILIDAD DE TRANSMISION DE RABIA. Generalmente perro o murciélago. Tras la mordedura del animal, prevención en el humano, y si es factible realizar observación del animal. En nuestro medio solo da positivo a veces el murciélago.

ENFERMEDAD MENINGOCOCICA B, C. Ante la aparición de un caso deben tomarse rápidamente medidas de prevención (quimioprofilaxis) de contactos íntimos. Brote en situación de más de un caso en la misma localidad, barriada, colegio, etc. Valorar la posibilidad de inmunización de colectivos. Valorar en caso de C la posibilidad de fallo vacunal.

BROTE POR INFECCION RELACIONADA CON LA ASISTENCIA SANITARIA. Más frecuentes de lo que se supone, en especial deben ser vigilados los ocasionados por germen multirresistentes.

SOSPECHA DE ENFERMEDAD IMPORTADA: (Paludismo, Fiebre amarilla, Cólera, Difteria, Chikungunya, V West Nile, Encefalitis transmitidas por garrapatas, Dengue, Chagas). Un elemento importante a tener en cuenta es realizar la anamnesis adecuada para valorar si el caso pudiera ser de transmisión autóctona

ENFERMEDAD SUSCEPTIBLE DE VACUNACIÓN: SARAMPION, RUBEOLA, PAROTIDITIS. Valorar la posibilidad de fallos vacunales.

REACCION POST-VACUNAL GRAVE. Requiere investigar si existen más afectados e inmovilizar el lote vacunal si procede.

ACCIDENTE MEDIOAMBIENTAL. Ejemplos: escape de gases, vertidos tóxicos, contaminación masiva de aguas. Requiere investigación sobre existencia de posibles afectados, investigación de las rutas de posible exposición humana al tóxico (aire, aguas superficiales, acuíferos, suelo)

En el **anexo 12** se presenta una tabla con los brotes declarados en el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Andalucía en el periodo 2009 a 2014.

¿Qué es una Crisis en Salud Pública?

Una crisis es una situación de incertidumbre en la que hay que tomar decisiones rápidas y actuar urgentemente para evitar efectos negativos importantes, ya sean reales o simbólicos. Estas crisis en el ámbito sanitario son relativamente frecuentes, cada vez de mayor intensidad y sobre problemas cada vez más diversos.

Hay una serie de **elementos** que definen con frecuencia su desarrollo e impacto:

- Desbordamiento y desorganización.
- Confusión sobre los métodos de investigación del problema.
- Adopción de medidas no siempre contrastadas científicamente y con cierta carga de falta de credibilidad.
- Anomalías en la comunicación mediática, no controlables con facilidad.

- Percepción alterada del problema por parte de la población e incluso de los técnicos o políticos.

- Aparente desaparición de la crisis en el tiempo

La respuesta a estas situaciones se considera una función esencial de los servicios de salud pública y una de las actividades de los epidemiólogos

Las crisis de salud pública se debieron en el pasado a convulsiones sociales, grandes epidemias, catástrofes naturales e industriales, mientras que en la sociedad de la información están cada vez más asociadas a la percepción del riesgo, con un papel importante de los medios de comunicación. Este papel es tan importante, que en ocasiones se tiende a confundir la crisis con su expresión mediática. De hecho hay quien considera que sin expresión mediática no hay crisis.

Uno de los mayores problemas que un profesional responsable de un área de salud pública puede tener consiste en no detectar o prever una situación de crisis de salud pública, ya sea por falta de experiencia, por ser un problema poco conocido o ser un riesgo en el que la salud colectiva todavía no se ha visto alterada.

El **diagnóstico** de una crisis potencial puede establecerse mediante las siguientes señales de alarma:

- Tamaño (Colectivo afectado, Número de enfermos, extensión de la exposición, alta letalidad, área geográfica).
- Gravedad (en términos de severidad clínica de los casos, tipo de exposición,)
- Difusión de la información (influencia de los medios de comunicación, tipo de medios y tiempo de dedicación de los mismos a la noticia).
- Implicaciones (políticas, judiciales, etc).
- Preparación o no de los dispositivos de Salud Pública.

Este sería un posible **listado de escenarios de crisis** en salud pública:

- Problemas en los que estén implicados varios organismos públicos, especialmente Protección Civil, Medio Ambiente, Agricultura, Industria y Asuntos Sociales.
- Un problema de tipo agudo (ejemplo brote epidémico) u otro crónico (exceso de mortalidad).
- Un problema de higiene alimentaria.
- Un problema agudo de contaminación ambiental, exposición a tóxicos.
- Un problema relacionado con la percepción alterada de riesgo.
- Un problema derivado de acciones en salud pública, como efectos adversos de las vacunas.
- Percepción de riesgo en relación a problemas crónicos de salud.
- Brotes epidémicos de enfermedades emergentes.

Podemos citar como crisis en nuestro ámbito entre otras el síndrome del aceite tóxico. la emergencia del serogrupo C en la enfermedad meningocócica, previa a la vacuna conjugada, la enfermedad de las vacas locas, la aparición de la nueva variante de la enfermedad de Creutzfeld-Jakob humana en el Reino Unido, la rotura de la presa minera en Aznalcóllar en las cercanías de Doñana con contaminación

subsiguiente por metales pesados y otras sustancias en una amplia zona, la aparición de brotes de carácter poblacional de legionelosis en nuestro medio debidas a grandes torres de refrigeración, la aparición de dioxina en alimentos en Bélgica, etc.

Intervención ante una crisis en salud pública

Interesa controlar la exposición humana o interrumpirla en su caso y actuar sobre el huésped intentando modificar su respuesta patológica. En caso necesario la mejor elección es ejercer de portavoz con los medios de comunicación y con la población de forma activa y no pasiva, coherente con los conocimientos existentes hasta ese momento y coordinada con el resto de implicados. Es frecuente olvidar en este proceso a los profesionales sanitarios, que deben estar debidamente informados.

Se debe tener en cuenta la necesidad de:

- Mantener las consideraciones éticas en todo el proceso,
- Crear desde el principio de la crisis un archivo de muestras de todo tipo, ya que permite filiar la causa de la enfermedad infecciosa o determinar la exposición humana y el tóxico en las condiciones iniciales y la evolución temporal.
- Seguir a los enfermos durante y tras la finalización de la crisis. Se recomienda la creación de un registro de expuestos y enfermos y su seguimiento durante el tiempo necesario, para evaluar complicaciones y aspectos judiciales.
- Establecer relaciones con el sistema judicial. Hay que tener en cuenta incluso en los primeros momentos de una crisis la necesidad de muestras bien filiadas e informes sin falta de rigurosidad en el trabajo, muy importante en los problemas de contaminación ambiental
- En caso necesario se puede organizar un Gabinete de Crisis centralizado de apoyo a la resolución de la crisis, que requiere como mínimo un representante de la autoridad sanitaria, que transmita o asuma las decisiones, un técnico responsable de la documentación científica, un técnico responsable de las fuentes de información necesarias y de contacto con los profesionales y un portavoz autorizado para gestionar las relaciones con los medios de comunicación, experto en comunicación de riesgo.

II parte

Investigación de un brote

Introducción

Cada año, miles de personas enferman en España a causa de distintos procesos que cursan en forma de brotes. Aunque la mortalidad imputable directa puede ser baja, en ciertos grupos de riesgo (ancianos, inmunodeprimidos, etc.) un brote puede tener consecuencias fatales. Por otra parte, el costo económico directo e indirecto representa cifras importantes como para considerarlo un problema de salud pública.

La mayoría de los brotes epidémicos en Atención Primaria de Salud suelen corresponder a procesos infecciosos (principalmente tox infecciones alimentarias, tuberculosis, gastroenteritis aguda, etc).

En rigor, la estrategia correcta frente a los brotes es la de prevención primaria al ser muchos de ellos evitables. No obstante, se considera indispensable aplicar medidas de prevención secundaria tales como detectar lo antes posible la aparición de los brotes y evitar su extensión y agravamiento poniendo en práctica las medidas correctoras adecuadas.

¿Qué es un brote?

De forma general un brote epidémico o situación epidémica localizada es la: existencia de un número de personas afectadas por una determinada enfermedad o que presentan factores de riesgo específicos u otra característica relacionada con la salud, con una frecuencia claramente superior a la esperada en condiciones normales, en un ámbito geográfico y período de tiempo determinados

La Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (RENAVE) considera **brote** o situación epidémica:

1. El incremento significativamente elevado de casos en relación a los valores esperados. La simple agregación de casos de una enfermedad en un territorio y en un tiempo comprendido entre el mínimo y el máximo del periodo de incubación o de latencia podrá ser considerada, asimismo, indicativa.

2. La aparición de una enfermedad, problema o riesgo para la salud en una zona hasta entonces libre de ella.

3. La presencia de cualquier proceso relevante de intoxicación aguda colectiva, imputable a causa accidental, manipulación o consumo.

4. La aparición de cualquier incidencia de tipo catastrófico que afecte, o pueda afectar, a la salud de una comunidad.

La declaración de brotes es obligatoria y urgente. Esta obligatoriedad afecta, en primera instancia, a todos los médicos en ejercicio y a los centros sanitarios, públicos y privados, que detecten la aparición del mismo.

El número de casos que indica la existencia de un brote depende de:

- . La enfermedad en cuestión.
- . El tamaño y la estructura de la población en la que se produce.

. El tiempo en que se produce.

Por ejemplo la ocurrencia de un caso único de triquinosis o botulismo es sospechoso de brote epidémico, no por el número de casos en sí, sino porque una característica de estas enfermedades es la posibilidad de afectar a un grupo de personas que tienen en común el consumo de un determinado alimento.

El período de tiempo también está en función de la enfermedad. Así, por ejemplo, para una localidad dada, puede ser tan llamativa a estos efectos la ocurrencia de 10 casos de diarrea en una tarde como 5 de hepatitis en una semana ó 2 fiebres tifoideas en 3 semanas.

Un brote puede ser la primera manifestación de una epidemia de grandes dimensiones. La diferencia conceptual no es tajante. Si no se tiene un conocimiento anterior del comportamiento de la enfermedad, apreciaciones subjetivas pueden hacernos sospechar la existencia de un brote epidémico. Su existencia demanda la atención inmediata por parte del personal sanitario y servicios de salud pública.

En resumen es necesario iniciar una investigación de campo cuando la enfermedad:

- 1.- Es una enfermedad de declaración obligatoria (EDO) y/o es prioritaria.
- 2.- Excede su ocurrencia usual
- 3.- Parece tener una fuente común
- 4.- Parece tener una severidad mayor que la usual
- 5.- Es nueva, emergente o “desconocida” en el área

La aparición de un brote es un indicador de:

1. Una situación que requiere respuesta rápida
2. Una emergencia de Salud Pública
3. Una emergencia política/social
4. Una emergencia económica
5. Un fallo de la vigilancia epidemiológica
6. Un fallo en el control de una enfermedad
7. Una oportunidad para aprender

La investigación de brotes siempre es retrospectiva. El éxito de una típica investigación de campo, que depende de la memoria y recuerdo de las personas sobre circunstancias de su vida cotidiana (alimentos, rutas de viaje, contactos), requiere que la recolección de datos ocurra lo más cercanamente posible a la propia ocurrencia del evento.

Asimismo presenta unos aspectos prospectivos, a la hora de la búsqueda de expuestos y enfermos, establecimiento de medidas preventivas futuras par la no ocurrencia de sucesos similares.

En algunos brotes, la ventana de oportunidad para ejecutar la investigación se limita a unas cuantas horas o días (por ejemplo, un brote en un paseo o en un barco).

¿Cómo se detectan los brotes?

1. A través de fuentes oficiales o formales:

- Sistemas de vigilancia: regional (con niveles que pueden ser locales, provinciales, autonómicos), nacional, europeo,
- Red de Médico Centinelas
- Médicos de familias
- Servicios médicos hospitalarios, Servicios de emergencia.
- Laboratorios de referencia
- Ayuntamientos

2.- A través de fuentes informales

- Rumores
- Colegios e institutos que informan de la ausencia de alumnos
- Empresarios que detectan bajas laborales inesperadas
- Medios de comunicación como periódicos y televisiones.
- Internet. Mensajes en redes sociales: twitter, Facebook, Instagram,

páginas Web, palabras más buscadas en Google, Wikipedia,...

3. Fuentes nacionales e internacionales formales e informales. Redes de comunicación

- Instituto de Salud Carlos III (Epidemiología)

<http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-servicios-cientifico-tecnicos/vigilancias-alertas.shtml>

- Instituto de Salud Carlos III (Publicaciones)

<http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-el-instituto/publicaciones.shtml>

- Boletín Epidemiológico Nacional del Centro Nacional de Epidemiología. Disponible en: <http://revista.isciii.es/index.php/bes/>

- CCAES (Centro de Coordinación de alertas y emergencias sanitarias). Ministerio de Salud y Consumo.

<http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/home.htm>

Redes Nacionales que colaboran (ver Anexo 13).

Informes sobre evaluación de riesgos de epidemias y brotes en:

<http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/analisisituacion/infoSitua.htm>

- Health Map (<http://www.healthmap.org/es/>) monitorea todas los brotes y alertas mundiales tomando como base a medios de comunicación y a organizaciones tanto públicas como privadas.

- Eurosurveillance (ECDC). <http://www.eurosurveillance.org/>. Informa de los brotes a nivel europeo, mediante un boletín semanal y otro mensual, puede informar mediante sistema RSS.

- GeoSentinel (CDC), <http://www.istm.org/geosentinel> International Society of Travel Medicine (ISTM) con soporte de los US Centers for Disease Control (CDC). Red de comunicación y recopilación de datos a nivel mundial para la vigilancia de la morbilidad relacionada con los viajes

- GOARN: red mundial de alerta y respuesta ante brotes epidémicos. OMS. <http://www.who.int/csr/outbreaknetwork/es/>

- OMS. Reglamento Sanitario Internacional. Contención de riesgos sanitarios específicos. http://www.who.int/ihr/health_risks/es/

- Promed Mail. Internacional society for infectious diseases. <http://www.promedmail.org/>

- ECDC communicable disease threats report (CDTR) . <http://ecdc.europa.eu/en/activities/epidemicintelligence/Pages/EpidemicIntelligenceThreatCommunicationCDTR.aspx>

- Google News.

¿De qué depende la duración de un brote? ¿Cuándo termina?

La duración de un brote o epidemia depende, básicamente, de los siguientes factores:

1. La velocidad de expansión del brote, en relación con la infectividad del agente y modo de transmisión: (foco único, persona a persona, aéreo, hídrico)
2. El tamaño de la población susceptible.
3. La intensidad de exposición de la población susceptible.
4. El periodo de incubación de la enfermedad.
5. La efectividad de las medidas de control inmediato.

El brote se considerará cerrado cuando se constate la ausencia de casos durante un periodo equivalente a dos veces la duración máxima del periodo de incubación, desde el último caso conocido

Tipos de brotes.

Ya vimos en un anterior apartado algunos de los posibles tipos de brote o alerta. En términos generales los brotes se pueden clasificar por:

1. Su naturaleza.

1.1 Epidemias de fuelle común: El brote es de origen común cuando varias personas son expuestas simultáneamente a la *misma* fuente de infección. En tal situación, la relativa uniformidad del período de exposición lleva a un agrupamiento de los casos en el tiempo. Se distinguen dos tipos de fuente común: puntual y continua.

1.1.1 En la epidemia de fuente común puntual, o epidemia *explosiva*, la exposición simultánea a la fuente común ocurre durante un periodo usualmente breve como, por ejemplo, la exposición a un alimento contaminado servido en una fiesta social. El punto máximo de la curva epidémica suele alcanzarse tan rápidamente como dura el periodo de incubación de la enfermedad y, en general, todos los casos se presentan dentro del rango del periodo de incubación.

1.1.2 En el brote de fuente común continua, la duración de la exposición a la fuente común se prolonga e, incluso, puede ser intermitente, tal como la exposición a contaminantes fecales en las redes de abastecimiento de agua.

1.2 Epidemias propagadas: También llamadas epidemias lentas o por diseminación; son aquellas en las ocurre transmisión de persona a persona

2. Su localización

2.1 Comunitarios. Los casos aparecen en poblaciones abiertas de individuos.

2.2 Nosocomiales. Brote que aparece sobre una infección nosocomial. La Organización Mundial de la Salud en su documento de *Prevención de las infecciones nosocomiales*. (2003) define las infecciones nosocomiales como “Una infección contraída en el hospital por un paciente internado por una razón distinta de esa infección. Una infección que se presenta en un paciente internado en un hospital o en otro establecimiento de atención de salud en quien la infección no se había manifestado ni estaba en período de incubación en el momento del internado. Comprende las infecciones contraídas en el hospital, pero manifiestas después del alta hospitalaria y también las infecciones ocupacionales del personal del establecimiento

Brotes ocultos o no observados.

Cuando estudiemos un brote o epidemia debemos ser conscientes de que no estamos estudiando todos los casos que han ocurrido. Estudiamos solo aquellos casos que han sido detectados por las actividades de la vigilancia epidemiológica.

Las razones por las que la vigilancia no detecte a todos los casos pueden ser:

1. Los casos presentan una sintomatología leve y no acuden al médico.
2. Los casos se automedican y no acuden a los servicios de salud.
3. Los casos acuden a los servicios de salud pero no presentan una sintomatología concordante con la definición de caso y no son detectados como tales. Serían *falsos negativos*.

La importancia de estos casos ocultos es que pueden seguir transmitiendo la enfermedad y distorsionar las medidas de prevención o control que se instauren.

¿Para qué es necesario estudiar brotes?

- Para conocer sus causas, para evitar así su difusión mediante medidas de controles eficaces, eficientes y que ocasionen las mínimas molestias a la población.

- Para aumentar el conocimiento acumulado mediante el estudio de múltiples brotes de una misma enfermedad, permite conocer mejor las características clínico-epidemiológicas de la enfermedad y cuáles son los factores que condicionan su aparición, permitiendo poner en práctica las medidas más eficaces, eficientes y aceptadas por la población acudiendo a la raíz del problema.
- Para ayudar a detectar en nuestro medio enfermedades nuevas (emergentes) o reemergentes.
- Para mejorar el conocimiento de la comunidad: El estudio del brote epidémico ayudará a identificar factores de riesgo que actúan sobre nuestra comunidad que podrían haber pasado desapercibidos (tales como deficiencias en el saneamiento básico o relacionadas con el consumo de ciertos productos), así como situaciones de marginación social (tales como colectivos no cubiertos por los servicios asistenciales, identificados en la investigación de brotes de enfermedades susceptibles de control mediante la inmunización en la infancia, etc.).

Incluso en brotes identificados tardíamente, o en fase de remisión es interesante intentar su estudio, aunque sea retrospectivamente, por las razones anteriormente expuestas.

RAZONES PRINCIPALES PARA INVESTIGAR UN BROTE
Identificar las causas de su aparición
Adoptar medidas de control a corto, medio y largo plazo
Conocer el comportamiento de la enfermedad en la población
Conocer los factores de riesgo de la enfermedad en la población

Ampliación. Consulte en el glosario, anexo I, los siguientes términos: ***epidemia, endemia, epizootia, pandemia, plaga, zoonosis***

Pasos en la investigación de brotes epidémicos

A continuación señalamos esquemáticamente los pasos a seguir en la investigación de brotes epidémicos, que no son rígidos en el planteamiento o en el orden, y deberían adaptarse a cada brote y su gravedad.

1. Establecer la existencia del brote. Verificar el diagnóstico.
2. Definir el responsable de investigar el brote, composición del equipo, y en su caso el portavoz ante los medios y la población.
3. Planificación de toma de muestras clínicas y medioambientales. Diseño de un cuestionario. Establecer una definición inicial de caso.

4. Confirmación del brote. Contar los casos existentes hasta el momento, de forma sistemática, analizando toda la población objeto. Búsqueda activa de otros casos.
5. Describir los datos en términos de tiempo, lugar y persona. Determinar quién está a riesgo de enfermar. Generar hipótesis que expliquen: al agente, la fuente, el modelo de transmisión, la duración.
6. Probar la hipótesis cuando sea posible. En caso negativo reconsiderarla. Refinar el denominador y el numerador (casos y población objeto)
7. Tomar o recomendar medidas de control y prevención. **(Con frecuencia las medidas de control y prevención se deben adoptar nada más empezar la investigación, si hay una hipótesis lo suficientemente sólida).** Establecer Conclusiones
8. Escribir los hallazgos (informe provisional y final) y remitirlos urgentemente a quien proceda. Difundir los informes para facilitar el desarrollo de la investigación en el futuro.

En los siguientes apartados pasaremos a comentar más detalladamente los pasos mencionados

PASO 1. Establecer la existencia del brote.

*Ante un brote o una epidemia lo primero que tiene que dejar claro es la historia natural de la enfermedad que es la posible causa. Consulte en el glosario, anexo I, las entradas: **Casos nuevos. Historia natural de la enfermedad, Historia natural de las enfermedades transmitidas de persona a persona, Historia natural de las enfermedades transmitidas por vectores.***

La primera pregunta a responder cuando estudiamos un brote es: ¿quién ha dado la primera señal de existencia de un brote: laboratorios, médico de familia, urgencias hospitalarias, maestros, empresas, medios de comunicación, líder comunitario....?

Según sea la respuesta habría que pensar en todos o algunos de los siguientes aspectos que nos explique un aumento súbito de casos:

1. Variaciones estacionales. Algunas enfermedades como la gripe tienen un comportamiento cíclico, por lo tanto un incremento de casos puede deberse a que se está iniciando un nuevo ciclo.
2. Búsqueda activa de casos. A veces en el proceso de realización de una investigación se realiza una revisión de historias clínicas. Durante esta revisión se detectan “nuevos casos” de una enfermedad. Sin embargo, lo que ocurre es que los “viejos casos” se hacen explícitos y se confunden por un incremento de casos nuevos.
3. Errores diagnósticos (pseudo-brotes). Estos errores pueden deberse a la falta de pericia del médico, a un cambio de definición de casos, a un cambio en los criterios

diagnósticos, a un sesgo de información (regresión a la media, falacia ecológica y clasificación indebida diferencial y no diferencial), etc.

4. Sesgo de diagnóstico. Pueden ocurrir cuando se instauran nuevas técnicas diagnósticas en un hospital o laboratorio. Con estas nuevas técnicas lo que hacemos es ponerle nombre a procesos que eran catalogados previamente con otro por lo que puede dar la sensación de que los casos son “nuevos”.

5. También nos deberíamos hacer estas dos preguntas:

- ¿Ha habido un incremento de la población? Si aumenta la población pueden aumentar los números de casos de una enfermedad. Incremento que no es indicativo de brote ya que la proporción de casos respecto a la población puede permanecer constante.

- ¿Existe relación entre los casos? Debemos descartar o confirmar que exista una relación espacio temporal (familiar, de trabajo, de ocio, etc.)

Ante la sospecha de un brote epidémico es necesaria **su notificación urgente al nivel sanitario inmediatamente superior e iniciar la investigación del mismo**. A veces la sospecha inicial es descartada con el estudio detallado de los hechos, pero una actitud expectante está siempre justificada ante el riesgo que pudiera estar corriendo la salud de la comunidad.

Es importante realizar esta notificación, dado que:

- El posible brote epidémico ante el cual nos encontramos, puede ser la primera manifestación de un brote de amplias dimensiones que sobrepase el nivel local.
- Es posible que las medidas de control deban ser tomadas a un nivel superior al local y sea necesaria la organización del dispositivo asistencial correspondiente.
- Puede ser necesario asesoramiento epidemiológico, informar al laboratorio sobre el envío de las muestras clínicas o ambientales y recibir indicaciones acerca de: muestras más adecuadas a enviar, normas para su obtención y condiciones de almacenamiento y transporte, etc.

La información disponible en los primeros momentos es probable que sea mínima e incluso confusa.

De ahí la importancia de procurar, en la medida de lo posible, información que pueda servir de orientación acerca de la magnitud del problema. Para ellos, se recogerán datos sobre:

- Características clínicas y gravedad de la enfermedad.
- Fecha de aparición de los primeros síntomas.
- Número de personas afectadas y expuestas.
- Características personales de los afectados.
- Localización espacial del brote.

- Hipótesis causales iniciales, perfilándolas si esto fuera factible.

Si procede, simultáneamente a la notificación, se realizará la toma de muestras de enfermos y medio ambiente. No deben perderse nunca de vista las consecuencias que puede tener el dejar estas actividades para momentos posteriores: Por ejemplo, la desaparición de restos alimenticios (en caso de tox infecciones alimentarias) con lo que se perdería un elemento importante de estudio.

Una vez «sospechado» el brote y notificado se abre el «proceso de estudio» como tal.

PRIMERAS ACTUACIONES ANTE LA APARICIÓN DE UN BROTE
Notificar el brote en cuanto se sospeche
Recoger información básica
Proceder a la toma de muestras
Recoger información básica y complementaria

Importante. Aunque está indicado en el texto, es importante que preste atención a los pseudobrotes y al sesgo de diagnóstico.

Descarte los **Brotes de histeria colectiva**. Histeria colectiva es el fenómeno sociopsicológico que comprende la manifestación de los mismos o similares síntomas histéricos por más de una persona. Una manifestación común de histeria en masa ocurre cuando un grupo de personas cree que está sufriendo de una enfermedad o dolencia similar. Así, el grupo suele exhibir entusiasmo o ansiedad, comportamiento irracional o síntomas inexplicables de alguna enfermedad.

Sinónimos: histeria en masa, histeria de grupo, psicosis colectiva, comportamiento obsesivo colectivo, epidemia de histeria, trastorno conversivo epidémico, trastornos somatomorfos epidémico, reacción de estrés colectivo En el anexo 15 se amplía este concepto. ***Este concepto de amplía en el anexo XIV***

En inglés: ***mass hysteria***

Ampliación. Piense que se pueden haber cometido errores en las mediciones: errores en el observador en el sistema, errores en el individuo que va a ser estudiado, errores en los instrumentos de medición y en el procesamiento de los casos.

Valore al posibilidad de establecer un protocolo para evitar este tipo de errores

Revise los contenidos del módulo VI de la opción **Experto** de la web específicamente el capítulo 9 del **Proyecto SAME**

Ampliación. Consulte los siguientes anexos para comprender por qué están apareciendo casos de nuevas enfermedades (Anexo XV) y cuál es el mecanismo por el cual comienzan a aparecer casos en enfermedades de transmisión persona a persona y en enfermedades transmitida por vectores (Anexo XVII)

Anexo XV. Alertas por enfermedades emergentes y reemergentes

Anexo XVII. Estimaciones de los casos nuevos y otros parámetros en enfermedades infecciosas.

PASO 2. Definir el responsable de investigar el brote, composición del equipo, y en su caso el portavoz ante los medios y la población.

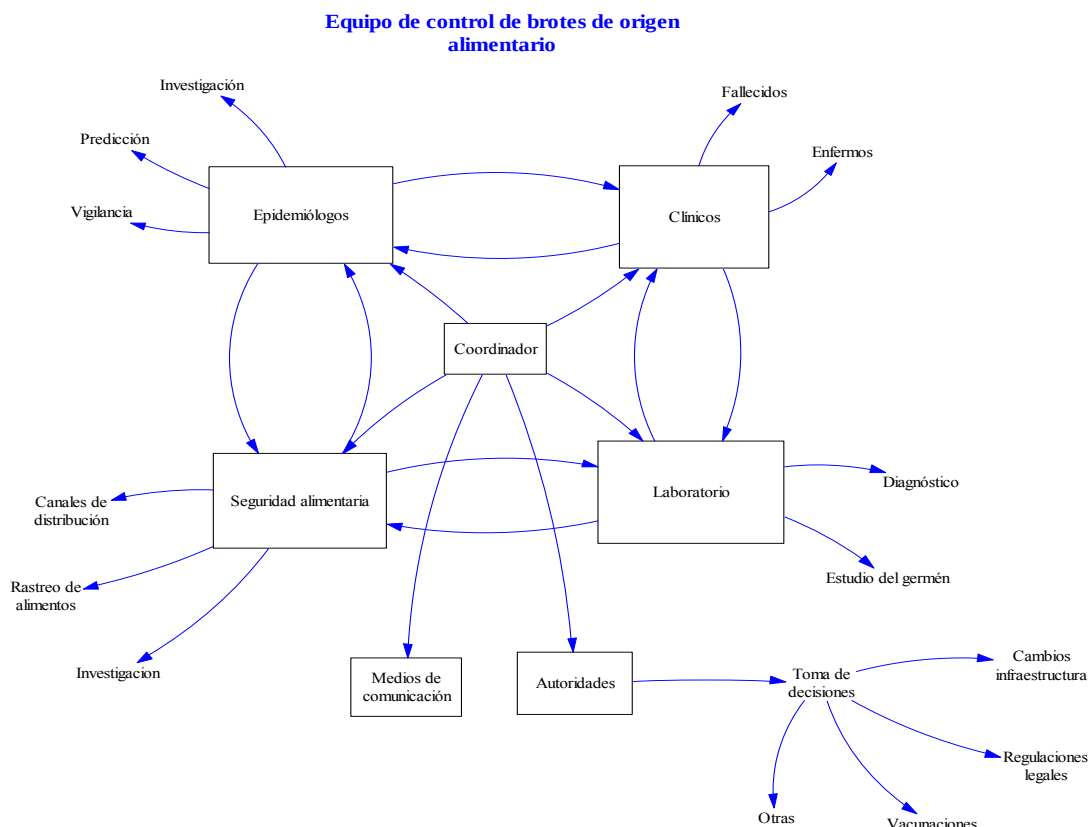
Antes de iniciar la investigación del brote es necesario establecer el potencial del **equipo de investigación y los recursos necesarios**. Preparar todo lo necesario para el trabajo de campo administración, viajes, contactos, designación del **director de la investigación y del portavoz**, en el nivel que proceda, sobre todo si hay alarma social.

En la C.A. de Andalucía los responsables habituales de la investigación de brotes en el ámbito comunitario son los técnicos de epidemiología del Distrito de Atención Primaria, coordinados con otros técnicos implicados (del medicamento, veterinarios, ambiental, recursos asistenciales). En el ámbito intrahospitalario es la unidad de Medicina Preventiva. En otras CCAA puede ser diferente.

Los hallazgos del **laboratorio** deben interpretarse con cuidado, porque tanto si son positivos como negativos pueden ser engañosos. Por ejemplo, el hallazgo de *legionella* en una muestra ambiental no necesariamente está asociado con la exposición que causó los casos, deberá determinarse si existe coincidencia de la cepa. También la ausencia debe interpretarse con cuidado, porque muchas veces la muestra se toma tiempo después o en cantidades insuficientes, o porque los métodos existentes son poco sensibles o sencillamente no están disponibles en el laboratorio que recibe las muestras.

Es clara la importancia de además del envío a nuestros laboratorios de referencia local, remitir muestras a laboratorios de referencia de nivel de Comunidad Autónoma o nacional para confirmar nuestras determinaciones, para establecer la difusión territorial de las cepas de un determinado germen o determinar cambios en la prevalencia de los mismos o en su virulencia, aportar datos a redes internacionales, etc.

En el siguiente esquema intentamos resumir todos los procesos que intervienen en un brote de origen alimentario



En cada uno de estos grupos existen varios tipos de personas que se ocupan de distintas actividades. Así, en cada uno de los grupos hay que distinguir:

1. Aspectos administrativos. Se debe establecer contacto y coordinación adecuados con las autoridades sanitarias, políticas y civiles de la comunidad; en caso necesario, debe solicitárseles cooperación activa.
2. Aspectos logísticos. Se debe establecer una coordinación de campo que asegure los recursos mínimos, organice las personas, distribuya adecuadamente las tareas y supervise la ejecución general del trabajo de campo.
3. Aspectos técnicos. Se debe contar con información técnica pertinente, incluyendo los datos de notificación, datos demográficos, mapas y cartografía mínima, modelos de cuestionarios, manual de normas y procedimientos vigentes, información clínica y de laboratorio relevantes y asesoramiento estadístico y epidemiológico.

PASO 3. Planificación de toma de muestras clínicas y medioambientales. Diseño de un cuestionario. Establecer una definición inicial de caso.

a) Recogida de información.

Se debe obtener **información individual** sobre las personas afectadas, expuestas y no expuestas, mediante entrevistas con encuesta. Si es factible, se recogerá información de pruebas analíticas realizadas. Esto nos ayudará a

establecer las hipótesis de trabajo y a esclarecer las causas y factores que han condicionado la ocurrencia del brote.

Se recomienda utilizar modelos de encuesta preestablecidos según el tipo de brote, para lo cual lo más conveniente es que se dispongan en las fichas correspondientes de declaración vía web del brote o alerta. Véanse los **Protocolos de la RENAVE** en la opción de **Bibliografía** de la página web

Normalmente, suele necesitarse otra **información adicional**, la cual dependerá del tipo de brote que se esté estudiando:

- Parte de la misma (sería deseable disponerla con anterioridad al inicio del estudio) es información básica que aproxima al conocimiento de las características de la comunidad en que se trabaja y permite identificar factores de riesgo. Se trata de una información que, más o menos formalmente estructurada, todos los profesionales sanitarios poseen en alguna medida.
- Otro tipo de información puede ir apareciendo a lo largo de la investigación (por ejemplo, los procedimientos y productos empleados en la preparación de una determinada comida presuntamente implicada en una toxoinfección alimentaria o, en caso de brotes de enfermedades inmuno-prevenibles, los motivos por los cuales un determinado colectivo no ha sido debidamente vacunado).

Desde el punto de vista operativo, parte de esta información, la obtendremos en la investigación sobre el terreno, mientras que otra la habremos de solicitar a otros profesionales e instituciones.

A título orientativo, se enumeran a continuación alguna información que podría necesitarse:

INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA

La información sobre distribución de la población, por grupos de edad y áreas geográficas, será fundamental en el estudio de cualquier tipo de brote para establecer las tasas de incidencia de la enfermedad. En brotes con localización espacial muy concreta (escuelas, hospitales, etc...) será necesario conocer la población por aulas, servicios, etc...

INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL

El objetivo es conocer la posible existencia de situaciones de marginación, hábitos sociales, así como estructura productiva, etc., que implican un riesgo para la salud.

El estudio del brote epidémico tratará de poner de manifiesto, si es el caso, el papel que estos factores socio-económicos y culturales han tenido en la ocurrencia del mismo.

SANEAMIENTO BÁSICO

Para detectar situaciones de riesgo, así como estudiar brotes presumiblemente asociados al saneamiento básico, deberemos indagar acerca del origen, tratamiento y distribución de agua potable, y sobre la red de eliminación de aguas residuales.

La investigación deberá poner de manifiesto, si existieran, las anomalías presentes y los hechos que han desencadenado el brote epidémico.

DISTRIBUCIÓN, MANIPULACIÓN Y CONSUMO DE ALIMENTOS

La ocurrencia de tox infecciones alimentarias exige una detallada investigación acerca de:

- Cuándo y dónde se han obtenido las materias primas utilizadas en la elaboración de los alimentos, y cómo se han transportado y almacenado.
- Técnicas y utensilios utilizados en la preparación de los mismos.
- Cantidad de alimentos elaborados, así como fecha de elaboración, conservación, distribución y consumo.
- Condiciones higiénico-sanitarias de los establecimientos en los que se han elaborado y consumido los alimentos implicados.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL E INDUSTRIAL

Por ejemplo, datos de polución ambiental, exposición ocupacional, escape de productos tóxicos, contaminación por plaguicidas, etc.

La investigación deberá poner de manifiesto los productos contaminantes y los factores que han condicionado la liberación o exposición a estos productos.

SANIDAD ANIMAL

En los brotes de antropozoonosis, deberemos recabar información acerca del estado sanitario del ganado, y las condiciones que han favorecido el brote epidémico de enfermedad humana.

ANTECEDENTES DE CASOS Y BROTES DE LA MISMA ENFERMEDAD EN LA ZONA

Para ello se utilizarán las notificaciones existentes por la misma causa en el Sistema de Alertas, y podrá evidenciarse si se trata de un brote de repetición según facto causal, lugar o establecimiento, familia o colectivo, lo cual influirá en las recomendaciones futuras o incluso inicio de expedientes administrativos.

Ampliación. Una buena fuente de modelos de cuestionarios son los *Protocolos de las enfermedades de declaración obligatoria* elaborados por la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica y publicados en 2013 Véase opción **Bibliografía** de la web

A veces no tenemos ni idea acerca de cuál es el agente causal o la fuente del brote. En estos casos diseñamos un cuestionario que recoge muchísima información acerca de

cualquier posible fuente o agente causal. Estos cuestionarios se denominan “**Trawling questionnaire**” cuya traducción literal es “cuestionario pesca de arrastre”. Ya su nombre nos da una idea de cuál es su cometido.

Definición de casos

I. Criterios

Del conjunto de elementos diagnósticos el investigador elige los que estima más adecuados para la definición de caso. Lo importante no es lo exhaustiva que sea la lista de los criterios de su elección sino el hacerla explícita para permitir comparaciones y un posterior análisis. No obstante, es obvio que tal elección no puede ser gratuita; el investigador deberá buscar en la medida de lo posible aquellos criterios que considere necesarios para definir la enfermedad según los siguientes ejes:

- Características clínicas

Son los signos y síntomas del enfermo. Cuando éstos son característicos de esa enfermedad pueden ser usados como criterios de definición de caso. La magnitud o extensión, duración de cada uno y su secuencia de aparición pueden ser también importantes y deben ser tenidos en cuenta, de una manera cuantificada si es posible.

- Información procedente de pruebas de laboratorio

Puede incluirse:

- El aislamiento de un agente específico y la identificación de su cepa, tipo.
- Evidenciar la existencia de restos de ADN del germen mediante determinación de PCR
- Detección de antígeno del germen
- Evidencia de anticuerpos. Aumento o descenso del título de anticuerpos entre dos muestras apropiadas de suero (agudo y convaleciente, por ej.).
- Otros indicios biológicos o químicos tales como una significativa elevación de la GOT en la hepatitis viral, etc.

Aunque no todos los procedimientos de laboratorio estén disponibles, para la definición de caso (particularmente para la definitiva) es necesario contar con los disponibles y especificar los resultados que nos servirán como criterios.

- Características epidemiológicas

Debe incluir las del tiempo lugar y persona y las de agente huésped y medioambiente:

- Fecha de comienzo de la enfermedad
- Exposición del caso a una comida, agua u otra fuente sospechosa

- Presencia en un lugar determinado durante un tiempo dado, etc.

Hay que usar estas características como criterios para una definición, sobre todo la naturaleza y / o el período de exposición.

II. Tipos de definición

Por todo lo dicho, se entenderá la importancia práctica de distinguir entre:

- Definición inicial de caso

En su fase inicial, el propósito principal de una investigación de brotes es detectar todos los posibles casos de la enfermedad en la población; ello demanda, por tanto, una definición de caso con **alta sensibilidad**, es decir, con alta capacidad de detectar como positivos a todos los que estén enfermos. Produce muchos falsos positivos. Esta definición suele estar basada en las características clínicas. Si la definición es de baja sensibilidad aumenta la proporción de falsos negativos.

Ej. : Un caso de gastroenteritis se puede definir como:

Una persona que tiene tres o más deposiciones acuosas por día y / o algunos de los siguientes síntomas: náuseas, vómitos, calambres abdominales o dolores musculares.

Sin embargo si el diagnóstico ha sido hecho «en firme» o el agente ha sido identificado, la definición inicial de caso incluso podría incluir criterios de laboratorio.

Ej. : La definición anterior más aislamiento de salmonella enteritidis.

También incluirá criterios epidemiológicos, si son evidentes factores relevantes de exposición al inicio del estudio.

Ej. : La definición primera, más aislamiento de salmonella enteritidis, más antecedentes de asistencia a un banquete de bodas.

Definición definitiva de caso

En su fase avanzada, el propósito de la investigación es concentrarse sólo en los casos que tengan mayor probabilidad de estar verdaderamente asociados con el brote; ello demanda, por tanto, una definición de caso con **alta especificidad**, es decir, con alta capacidad de detectar como negativos a todos aquellos que no estén enfermos. Algunos factores que pueden ayudar a determinar el grado de sensibilidad y especificidad de una definición de caso en situaciones de alarma epidémica son:

- La razón usual entre casos clínicos aparentes e inaparentes; es decir, una medida de la patogenicidad.
- La presencia de signos y síntomas patognomónicos o fuertemente sugestivos de la presencia clínica de enfermedad.

- La disponibilidad de técnicas serológicas, de identificación o aislamiento bioquímico o microbiológico fáciles, prácticas y confiables
- La accesibilidad a los servicios de salud de los pacientes y los individuos en mayor riesgo de enfermar.
- La reproducibilidad de la definición de caso, es decir, la capacidad de ser aplicada de manera fácil y consistente por otras personas ajenas al equipo de investigación.
- La necesidad absoluta de investigar a todos los casos en la fase inicial del estudio o únicamente a aquellos que sean notificados, atendidos u hospitalizados.

Una vez que –con los criterios que se adopten– se haya establecido la definición de caso a emplear en la investigación de brote, ésta debe ser aplicada igual y uniformemente, sin sesgos, a todas las personas bajo investigación.

En este momento el propósito de la definición es identificar aquellos individuos investigados que tengan posiblemente el mismo agente etiológico, fuente y modo de transmisión.

Los criterios clínicos, epidemiológicos y de laboratorio referidos anteriormente son usados ahora no sólo para definir «caso» sino también para especificar categorías de casos:

1. Confirmado.
2. Probable.
3. Sospechoso
4. Sintomático/ Asintomático.
5. Relacionado/ No relacionado con el brote.
6. No caso.

Ampliación. En el glosario, anexo I, en la entrada **caso** encontrará una definición de cada uno de los tipos de caso.

Importante. A la hora de establecer la definición de casos piense en los errores en las mediciones que comentamos anteriormente. Consulte el módulo VI de la opción **Experto** de la web

PASO 4. Confirmación del brote. Contar los casos existentes hasta el momento, de forma sistemática, analizando toda la población objeto. Búsqueda activa de otros casos.

La confirmación epidemiológica del brote, como se dijo, se basará en la comparación entre el número de casos ocurridos («observados») y el número de casos «esperados», por unidad de tiempo y lugar determinado; es decir, confirmar que la presencia de un determinado número de casos de la enfermedad diagnosticada en la comunidad aparece como excesiva con relación a la frecuencia habitual de dicha

enfermedad en la misma población y durante períodos de tiempo anteriores de duración comparable.

Existen dos métodos generales para confirmar la existencia de un brote y/o una situación de alerta sanitaria:

a) Métodos descriptivos.

- Método del canal endemo epidémico utilizando los casos, la media aritmética, la media geométrica, la mediana
- Gráficos pasado presente
- Método de series temporales
- Índice epidémico, el utilizado más frecuentemente. Es el que se desarrolla más adelante.

b) Métodos probabilísticos. Utilizamos las distribuciones de probabilidad para estimar la probabilidad de que aparezcan uno o más casos a partir del conocimiento de la prevalencia de la enfermedad y/o del número de casos observados. Específicamente mediante estos métodos queremos responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la probabilidad de que al seleccionar X personas de una población, Y personas estén enfermas sabiendo que la prevalencia de la enfermedad es Z ?

Respuesta: **Distribución binomial**

2. Si la prevalencia, tasa de ataque, I_A ,.. es Z , ¿cuál es la probabilidad de encontrar a X personas sanas antes de encontrar Y personas enfermas?

Respuesta: **Distribución binomial negativa**

3. Si la probabilidad de tener la enfermedad A es X_1 y la probabilidad de tener la enfermedad B es X_2 , ¿cuál es la probabilidad de que si seleccionamos Z personas Y_1 tengan la enfermedad A e Y_2 tengan la enfermedad B? Nota: $Y_1 + Y_2 = Z$

Respuesta: **Distribución multinomial**

4. Si la probabilidad de tener la enfermedad A es Z :

a) ¿Cuál es la probabilidad de al estudiar X personas susceptibles aparezca un caso?

b) ¿Cuál es la probabilidad de que estudiemos X personas susceptible antes de que aparezca un caso?

Respuesta: **Distribución geométrica**

5. En una población de X personas aparecen Y casos de enfermedad, ¿cuál es la probabilidad de que aparezcan W casos en una muestra de Z personas?

Respuesta: **Distribución hipergeométrica**

6. ¿Cuál es la probabilidad de que **X** personas tengan una determinada enfermedad si en una población de **N** personas la tienen **Y**? Nota: **$N \cdot Y < 5$**

Respuesta: **Distribución de Poisson**

7. La Enfermedad A presenta el siguiente porcentaje de síntomas: el **X1** por ciento el Síntoma1 y el **X2** por ciento presenta el Síntoma2. En esa población se estudia a un determinado número de sujetos que presentan una determinada enfermedad. Entre los sujetos enfermos el **XE1** por ciento presentan el Síntoma1 y el **XE2** por ciento presentan el Síntoma 2. Cuestiones:

a) ¿Cuál es la probabilidad de presentar algún síntoma y estar enfermo?

b) Si una persona tiene el Síntoma2, cuál es la probabilidad de que esté enfermo?

Respuestas: **a) Probabilidad Total; b) Teoremas de Bayes.**

Ampliación. En el ***anexo VII*** se amplían y ejemplifican estos métodos probabilísticos

Al ser el que se utiliza con más frecuencia a continuación vamos a describir el método del Índice epidémico.

Método del Índice epidémico

Número de casos observados

Cuando se sospecha una epidemia, se necesita hacer un cálculo inicial de casos actuales (personas que enferman en el transcurso de la epidemia sospechada).

Lo habitual es que en el momento de hacer el cálculo inicial no se disponga de información suficiente de cada caso para confirmar el diagnóstico (debe tenerse presente además que, frecuentemente, los servicios sanitarios sólo detectan una pequeña parte de la dimensión del problema). En esta situación, se deberá, como ya se comentó en el apartado anterior:

1. Incluir en el cálculo inicial aquellos casos que al menos tienen determinados signos y síntomas en común.

2. Fijar los criterios diagnósticos que se van a utilizar para la confirmación de los casos.

3. Contactar con las diversas fuentes de información para obtener, si es necesario, más detalles acerca de las características de los casos (hospitales, laboratorios, médicos, etc.), y también para localizar más casos.

Número de casos esperados

Se entiende por casos «esperados» aquellos que, sobre la base de experiencias anteriores, deberíamos observar en un período de tiempo y lugar determinado en ausencia de epidemia; se trata de la frecuencia «habitual» de presentación de la enfermedad en tiempo y espacio.

El cálculo del número de casos esperados exige sistemas de registro fiables. Si se dispone de datos rigurosos, se realizará aplicando una medida de tendencia central, generalmente la mediana, de un número variable de años, entre 5 y 7, lógicamente, esas incidencias son circunscritas al período de tiempo en que transcurre la epidemia sospechada.

Con las cifras de casos esperados y observados se puede calcular el **índice epidémico**, cociente entre los casos observados (incidencia actual) y casos esperados (incidencia habitual).

$$\text{Índice Epidémico} = N' \text{ de casos observados} / N'' \text{ de casos esperados}$$

Cuando dicho índice epidémico es mayor, igual, o menor que 1, las incidencias observadas son mayores, iguales o menores que las esperadas, lo que facilita la valoración de si nos encontramos frente a un «brote». Sin embargo no siempre resulta fácil llegar al diagnóstico de epidemia. Las situaciones que con más frecuencia pueden dificultar la confirmación son:

- Pequeñas diferencias entre la incidencia habitual y la actual. Esto ocurre con relativa frecuencia en brotes epidémicos transmitidos de persona a persona o por vectores. En tales casos es necesaria la vigilancia del investigador sobre posibles nuevos casos que puedan confirmar la epidemia sospechada.
- Diferencias significativas entre incidencia habitual y actual, pero no debidas a la existencia de un brote epidémico.

A este respecto los factores que con más frecuencia conducen a diagnósticos erróneos son:

- Mejora del sistema de notificación.
- Detección de un aumento de casos por aparición de nuevas técnicas diagnósticas.
- Presencia en el área de un médico con especial interés en la enfermedad en estudio.
- Errores en la estimación de casos esperados.

Se confirma la existencia de un brote epidémico cuando el número de casos observados es mayor que el número de casos esperados. Es decir, cuando el índice epidémico es mayor de 1.

Sin embargo, en la práctica impera para la declaración de alerta epidemiológica la definición específica y consensuada en la red de vigilancia nacional o autonómica que se establece en el protocolo de cada problema de salud.

Por ejemplo un caso de tuberculosis multirresistente o un caso de legionelosis nosocomial, o un caso de toxi-infección alimentaria por alimento de distribución comercial o un caso de una enfermedad reemergentes, pueden considerarse como alerta al requerirse una actuación inmediata de los dispositivos sanitarios para evitar la propagación de la enfermedad, ya sea por transmisión persona a persona, o por dispersión desde una fuente única.

PASO 5. Describir los datos en términos de la distribución: tiempo, lugar y persona. Y los determinantes: agente, huésped y medioambiente. Determinar quién está a riesgo de enfermar.

Una vez se ha confirmado la existencia del brote epidémico debe, necesariamente, continuarse con su estudio. En cierta forma, los profesionales sanitarios están «estudiándolo» desde el mismo momento en que sospechan su existencia. Si se sugiere aquí que se abra una nueva «fase» en dicho proceso, es por ajustarnos a la terminología ordinaria empleada en la Epidemiología. Así pues, la secuencia que se seguirá consiste en:

1. Describir el brote.
2. Analizarlo en busca de sus «causas».
3. Adoptar las medidas necesarias para resolverlo.

Esta sección trata de la descripción del brote cuya existencia se acaba de confirmar.

La descriptiva juega un papel fundamental en el estudio de los brotes. Con frecuencia es el único instrumento con que se cuenta para establecer la hipótesis de trabajo y, por desgracia, no pocas veces el proceso de estudio - por falta de medios a nuestro alcance - debe detenerse aquí. Más aún, puede afirmarse que la aproximación a la realidad que en relación con la aparición de un brote constituye la fase descriptiva es de consecuencias decisivas.

5.1.- DISTRIBUCIÓN. Véase la entrada HISTORIA NATURAL DE LA ENFERMEDAD del glosario. Anexo I.

Las variables en torno a las cuales debe describirse el brote son:

- El tiempo.
- El lugar.

- Las personas.

Y van a ser desarrolladas en detalle a continuación.

5.1.1 El tiempo

La variación con respecto al tiempo de la frecuencia de ocurrencia de casos de una enfermedad en una población la llamamos **patrón temporal de la enfermedad**.

Para describir los patrones temporales de las enfermedades pueden utilizarse tres medidas básicas:

- a) el período epidémico (de duración variable, depende de la epidemia particular que se trate);
- b) el período de 12 meses (sirve para identificar variaciones estacionales);
- c) períodos largos de años (se utilizan para identificar tendencias).

La utilidad del período epidémico es obvia (cuánto tiempo dura el brote, entre qué fechas). La utilidad del análisis de las variables estacionales y las tendencias en la incidencia de un cuadro patológico viene dada por que ayudan a confirmar o rechazar, de acuerdo con la conducta típica de ese proceso, si los casos que estamos observando responden probablemente a la conducta epidémica de esa enfermedad determinada (por ejemplo: una alta incidencia sostenida de procesos respiratorios agudos en los meses de primavera y verano es improbable que sea una gripe, que cursa en ondas estacionales y preferentemente en invierno).

El tiempo como variable epidemiológica sirve además para la construcción y uso de la **curva epidémica**. La curva epidémica se utilizará en la «fase» de análisis para:

- a) Determinar si la fuente de infección probable fue común, propagada o por ambas.
- b) Identificar el tiempo probable de exposición de los casos a la fuente de infección.
- c) Establecer la posible duración de la epidemia.

Una curva epidémica es un gráfico en el cual los casos de una enfermedad, que suceden durante el período epidémico, se representan según el momento del inicio de síntomas de la enfermedad (en algunas enfermedades, especialmente en las crónicas, se pueden representar de acuerdo con el momento del diagnóstico de la misma, ya que puede ser difícil determinar el inicio).

¿Cómo se construye una curva epidémica?

Antes de empezar esta sección debe estudiarse los términos: **caso índice, caso primario, caso fuente, período de incubación, período de latencia, tasa de ataque y tasa de ataque secundario** que aparecen en el Glosario, anexo I.

1.- Hay que recoger de los casos el momento del inicio de la enfermedad. Si la enfermedad tiene un período de incubación o latencia corto, se debe obtener la hora de aparición de cada caso. En caso contrario, suele ser suficiente el día.

2.- Hay que seleccionar el intervalo de tiempo que vamos a utilizar para la representación. El intervalo adecuado puede oscilar desde menos de una hora hasta un mes o más y se selecciona basándonos como antes, en el período probable de incubación o latencia de la enfermedad (un ejemplo típico de representación con intervalos de horas suelen ser algunas tox infecciones alimentarias).

Para interpretar los resultados de la curva epidémica será importante seleccionar un intervalo adecuado. El error más frecuente es la selección de un intervalo mayor del debido. Estos intervalos impiden ver diferencias en la distribución temporal y por tanto cumplir los objetivos de la curva epidémica. Para establecer el tamaño del intervalo se puede usar $1/8$ o $1/4$ de la duración del período de incubación. En algunas ocasiones puede ser conveniente hacer varias curvas epidémicas basadas en diferentes intervalos para ver cuál expresa mejor la evolución temporal de los hechos.

La información fundamental que nos suministra una «curva epidémica» es el discernimiento acerca de si el brote se ha producido por fuente común o por propagación.

Hablamos de fuente común cuando los casos resultan de la exposición de todas las personas afectadas a la misma fuente y por propagación cuando la transmisión de la enfermedad se produce de persona a persona. En algunos brotes ambos mecanismos se combinan, siendo los casos iniciales el resultado de una fuente común y los secundarios por transmisión de persona a persona. La duración de un brote epidémico está influida por:

- El número de personas susceptibles que están expuestas a la fuente de infección y comienzan a infectarse
- El tiempo que las personas susceptibles están expuestas a la fuente
- Por el período de incubación mínimo y máximo de la enfermedad.

Siempre que la fuente sea común y puntual en el tiempo, la curva epidémica asemejará una curva normal (aunque desplazada hacia la derecha por culpa de los casos con periodos de incubación más largos). Si la fuente común es mantenida en el tiempo, la curva seguirá desplazada a la derecha. Sobre todo lo importante es que, siempre que los casos estén comprendidos en un periodo de tiempo inferior a la diferencia que hay entre el máximo y mínimo del periodo de incubación, entonces podemos decir que ha habido una fuente común.

En epidemias donde la transmisión es de persona a persona, los casos se producen en un período de tiempo más largo que en epidemias por fuente

común de la misma enfermedad. Debe tenerse en cuenta la diferencia entre máximo y mínimo del periodo de incubación de la enfermedad respectiva.

Cuando ocurren epidemias explosivas por transmisión de persona a persona, suele tratarse de una enfermedad con período de incubación corto y elevada tasa de transmisibilidad; si se producen picos secundarios y terciarios, los intervalos entre los picos se aproximan al período medio de incubación de la enfermedad. Se conocen con el nombre de “ondas” o “generaciones de casos” primaria, secundaria,... (véase la entrada de todos estos términos en el glosario, anexo I)

¿Qué utilidad puede tener el conocimiento de los períodos de incubación y las fechas de aparición de los casos en relación con el momento más probable de exposición a la fuente? Si se conoce el período de incubación medio, máximo y mínimo de la enfermedad que se está investigando y las fechas de aparición de los casos, se puede identificar el momento más probable de exposición de los casos a la fuente. Hay dos métodos de hacerlo:

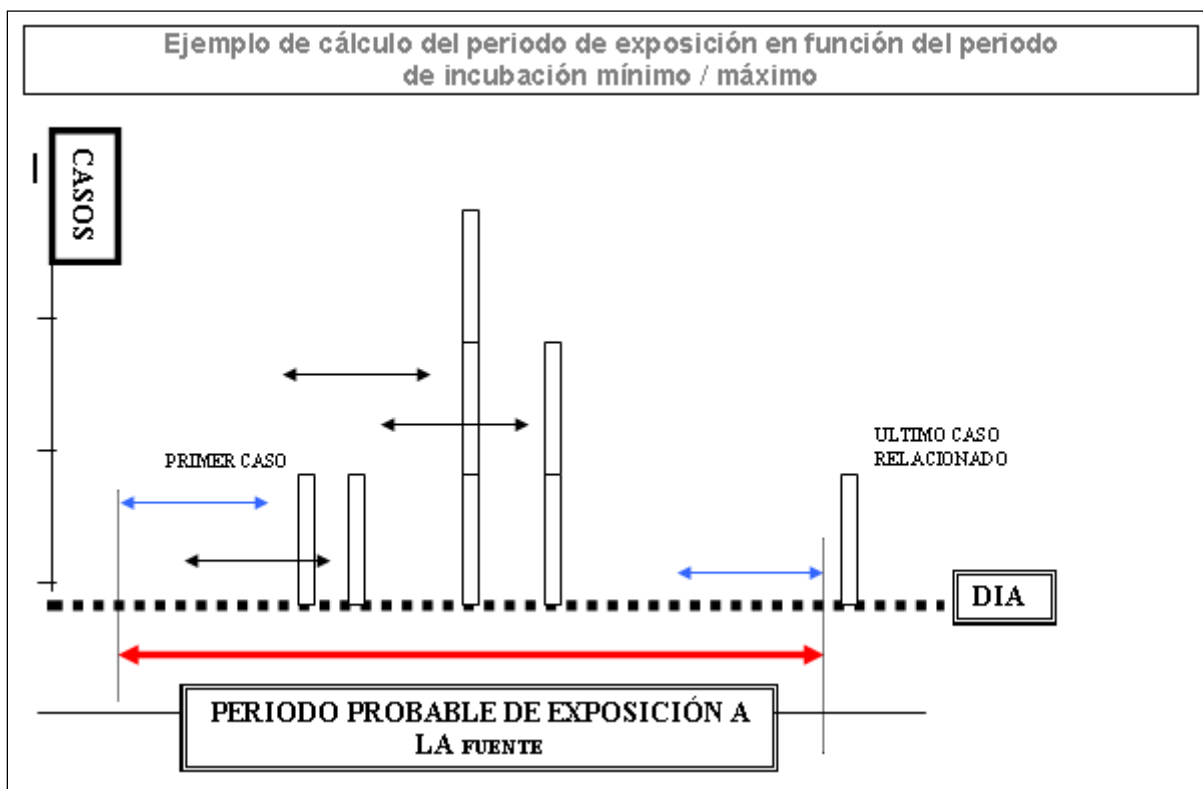
1. Usando el período de incubación medio (que puede encontrarse en los protocolos de vigilancia de enfermedades de la red nacional de vigilancia epidemiológica o en numerosas publicaciones, basta señalar la fecha de pico de la epidemia o la fecha del caso mediano y contar hacia atrás en el tiempo un período medio de incubación: esa es la fecha más probable de exposición.

2. Usando el período de incubación mínimo y contar hacia atrás en el tiempo desde el primer caso, y usando el período de incubación máximo y contar hacia atrás en el tiempo desde el último caso: «entre» esas dos fechas se encuentra probablemente la fecha de la exposición.

Es frecuente que si hay pocos casos conocidos de la enfermedad, no se den los valores extremos, que son “raros”, y el intervalo entre máximo y mínimo sea demasiado amplio. Cuando un caso este justo en el límite del periodo admitido, dentro o fuera del, habrá que revisar la exactitud de la fecha de comienzo de síntomas o pensar que quizás sea un caso “endémico”, no perteneciente al brote, o simplemente un valor extremo. Se debe tener en cuenta que los valores que se dan como máximo y mínimo incluyen habitualmente el 90 o 95 % de los casos, pero no los valores más extremos comunicados.

Atención: Cualquiera de las variantes de este método pueden aplicarse sólo cuando la duración de la epidemia es aproximadamente igual o menor a la diferencia entre los períodos de incubación máximo y mínimo para la enfermedad en cuestión. Si la duración de la epidemia es significativamente mayor que este intervalo, entonces la epidemia puede deberse a una fuente común continua, a una fuente propagada o a ambas.

En general, cuando no sea posible utilizar el método basado en el período de incubación máximo o mínimo, se utilizará el del período de incubación medio, que es el de elección.



LA CARACTERIZACIÓN DE UNA EPIDEMIA SOBRE EL EJE DE LA VARIABLE «TIEMPO» SE CONSIDERA CORRECTAMENTE HECHA CUANDO

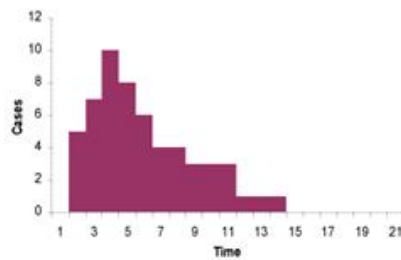
El intervalo temporal (eje «horizontal») usado para dibujar los casos es adecuado y permite una identificación del período probable de exposición.

Se recogen en el gráfico (eje «vertical») todos los casos conocidos según la fecha del inicio de los síntomas (eje horizontal)

En caso de brote de transmisión persona a persona en la curva epidémica se superponen varias generaciones de casos: casos primarios, secundarios, terciarios para distinguir las distintas generaciones utilizamos el siguiente método. Véase la entrada **Tasa de ataque secundario** en el glosario, Anexo I

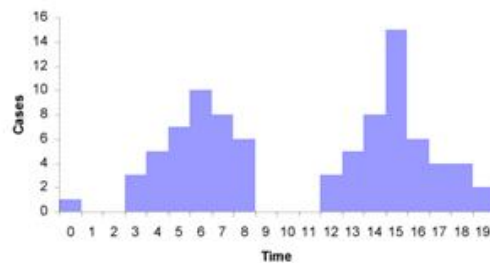
A continuación verá algunos tipos de curvas epidémicas extraídas del Tutorial de Oswego del CDC. <http://www.cdc.gov/eis/casestudies.html>

Fuente de transmisión puntual



Esta es la forma más frecuente de transmisión de las toxiinfecciones alimentarias, en la que un grupo de población se expone durante un corto período de tiempo.

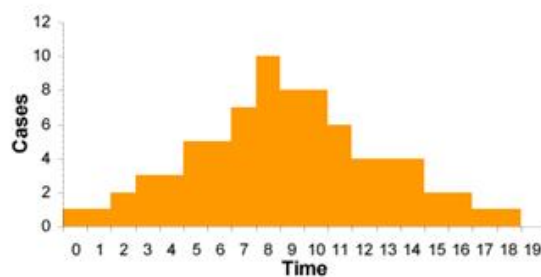
Contacto directo



Potencialmente, se puede identificar el caso índice, y normalmente está bien establecido el período de incubación.

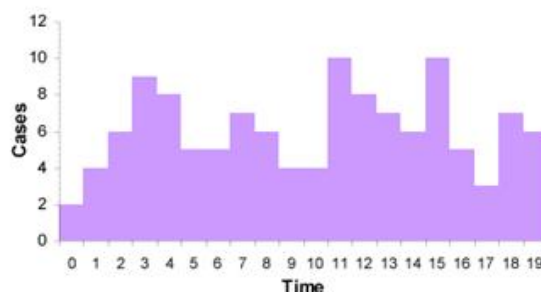
- Ascenso lento
- Un pico
- Si hay transmisión, pueden ocurrir picos en periodos regulares, asociados con el período de incubación.
- Descenso lento

Enfermedad transmitida por vectores



- Comienza lentamente
- El tiempo entre el primer caso y el pico es comparable al período de incubación.
- Descenso lento

Fuente común continuada o exposición intermitente



En este caso, hay varios picos y no se puede identificar el período de incubación.

5.1.2 El lugar o territorio epidémico

Otros datos recogidos deben suministrar información acerca de la población en riesgo de enfermar de acuerdo con la variable epidemiológica lugar. (Esta información combinada con otras nos ayudará a identificar la fuente de infección y el modo de transmisión, si se trata de un proceso «transmisibile»)

El objetivo es elaborar el «mapa de casos» (con un mapa de la zona afectada en el que a cada caso se le asigna un punto) que tiene como finalidad permitirnos identificar la pauta de distribución en función del lugar. Deberemos recoger datos sobre el lugar de residencia (dirección concreta), calle, barrio y distrito donde se encuentra el caso y señalarlo sobre el mapa con un punto. Es posible que el brote de la enfermedad que estamos estudiando se asocie con lugares diferentes al de residencia, por lo que deberemos recoger otros posibles lugares en donde desarrolle parte de su actividad el «caso» como:

- Lugar de trabajo (ej.: fábrica y ubicación de la misma),
- Lugar de estudio o entretenimiento (colegios, parques ...),
- Lugares que ha visitado de forma eventual en meses o días anteriores (dependiendo de la enfermedad que sospechemos), etc. A esta revisión podemos llamarlo encuesta de movilidad.

Aunque la representación del mapa de casos ofrece a veces a simple vista información de extraordinaria utilidad, deben adoptarse siempre ciertas precauciones. Cualquiera que sea la pauta geográfica observada en los mapas de puntos, no es prudente extraer de ellos ninguna conclusión «definitiva» sobre variaciones geográficas del riesgo de exposición o infección, ya que para comparar los casos por áreas deberemos tener en cuenta la distribución de la población.

Debemos por tanto calcular tasas de ataque (serán definidas en el apartado siguiente) específicas por áreas (zonas) y las conclusiones sobre diferencias en el riesgo deben basarse en las tasas y no en los casos solamente.

Consideramos ahora brevemente algunas variaciones interesantes en relación con el «lugar»:

- El agente que provoca la enfermedad puede haberse diseminado por el aire y la pauta que observamos en la distribución de los casos puede explicarse por la dirección de los vientos o el momento de la exposición de los casos al agente.
- Otra de las posibles causas que puede provocar que no exista agrupamiento y, por tanto, haya una gran dispersión de los casos, es que el brote haya sido transmitido por agua, y esta amplia dispersión expresa que la población entera estuvo expuesta al riesgo.
- Situaciones especiales suceden en instituciones «cerradas»; por ejemplo, los casos que aparecen en empleados de hospitales o enfermos se deberían

analizar de acuerdo con sus respectivas áreas de actividad o permanencia, piso, habitación, servicio, cama, etc...

- Si la investigación indicó una asociación con un colegio, la información sobre el lugar puede organizarse o reorganizarse de acuerdo con las aulas dentro del colegio afectado.

EN RELACIÓN CON LA VARIABLE LUGAR
Las tasas de ataque específicas por zona nos permiten relacionar el número de casos con el número de personas en riesgo, dándonos una idea más clara de la distribución del problema
La variable lugar se debe plasmar en un «mapa de casos» que nos aporta una información de gran interés, pero que ordinariamente no es suficiente. Puede disponerse fácilmente de mapas digitales de la zona afectada, y despliegue sobre ellos en forma de «puntos» los casos. Si la representación de los mismos según el domicilio no produce agrupamientos significativos, pruebe por lugar de trabajo, lugar de estudio, etc., hasta conseguir gráficos que le parezcan «coherentes».
El análisis de un brote epidémico se considera adecuadamente realizado cuando las tasas de ataque de las subáreas constituyentes revelen que la población en uno o más de estos lugares está en riesgo de exposición significativamente más alto que la media.

5.1.3. Las características personales

En presencia de un brote debe procederse, por norma, a la construcción de tablas que nos puedan suministrar información sobre las características del brote en relación con la variable persona.

Las personas pueden describirse en función de sus características inherentes o adquiridas (tales como edad, sexo, raza, estado civil, estado inmunitario, etc ...), sus actividades (tipo de trabajo, juego, costumbres, viajes, visitas, etc. las condiciones en las que viven (sociales, económicas, ambientales) y otras. Estas características, actividades y condiciones son relevantes ya que pueden influir de forma importante en el riesgo de adquirir una enfermedad específica o de experimentar estados indeseables para la salud (por ejemplo, las enfermedades de transmisión sexual son más frecuentes en adultos, etc.).

Pueden estudiarse la edad, el sexo y cualquier otra variable que se estime relevante de acuerdo con la información que se haya acumulado hasta ese momento.

El estudio de los casos por edad es con frecuencia el procedimiento más productivo en el análisis de la variable persona, puesto que está, en general, más estrechamente relacionada con la ocurrencia de enfermedad que cualquier otra característica individual.

Con frecuencia, la incidencia y distribución de casos por edad se da inicialmente en intervalos de 5 años de edad, aunque podemos trabajar con otros intervalos si permiten hacer mejores inferencias.

En general, es preferible tabular los datos en grupos pequeños de edad, al menos inicialmente. Estos se pueden reunir en grupos mayores más tarde. El problema con intervalos mayores es que podemos oscurecer diferencias en el riesgo de enfermar. Por ello deben utilizarse intervalos de edad pequeños cuando los procesos afectan a escolares.

Antes de decidirnos por el uso de unos determinados intervalos tenemos que estar seguros de poder obtener los denominadores (datos de población) correspondientes a los intervalos de edad prefijados.

EN GENERAL, LA CARACTERIZACIÓN DE CASOS POR «PERSONA» SE CONSIDERA SATISFACTORIA A ESTE NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

- Cuando hay diferencias significativas en las tasas de ataque entre personas que tienen uno o más atributos específicos, y/o
- Cuando las tasas de ataque varían significativamente con el grado en el que las personas tienen el atributo.

Ampliación. Para comprender la forma de la curva epidémica y la distribución de la enfermedad en un lugar y en una población determinada debe tener un conocimiento claro de la historia natural de la enfermedad. Consulte en los anexos y en el glosario estos términos: *casos nuevos, historia natural de la enfermedad, historia natural de las enfermedades transmisibles, número reproductivo básico (R_0), ondas epidémicas (anexo VIII), patrones de contacto (anexo V), periodo contagioso, periodo de incubación, periodo de latencia, transmisión de agentes infecciosos, transmisión de enfermedades mediante vectores. Enfermedades emergentes y reemergentes (Anexo XV)*

Para describir los datos utilice las medidas de frecuencia. Encontrará un documento sobre medidas de frecuencia en la opción **Bibliografía** de la web.

5.2 DETERMINANTES: Agente, Huésped y Medioambiente.

Véase la entrada **HISTORIA NATURAL DE LA ENFERMEDAD** del glosario. Anexo I.

En este apartado solo indicaremos algunos aspectos relacionados con el agente. Para el resto consulte el glosario.

El diagnóstico diferencial de enfermedad intestinal aguda alimentaria incluye:	
Bacterias y toxinas bacterianas	Bacillus cereus Campylobacter jejuni Clostridium botulinum (initial symptoms) Clostridium perfringens Escherichia coli Salmonella Salmonella typhi No-typhoid Shigella Staphylococcus aureus Vibrio cholerae 01 Vibrio cholerae non-01 Vibrio parahaemolyticus Yersinia enterocolitica Norwalk-like agents Rotavirus
Virus	Entamoeba histolytica
Parásitos	Giardia lamblia Cryptosporidium
Toxinas	Metales pesados • Cadmio • Cobre • Estaño • Zinc
Otro	Hongos Pescado y marisco(e.g., Scombroid, Ciguatera) Insecticidas Drogas Acido bórico Psicogénico Radiación

Los agentes en naranja son los más compatibles con los hallazgos clínicos del estudio de Oswego.

Fuente: tutorial de Oswego <http://www.cdc.gov/epiinfo/support/tutorials.html>

La siguiente bibliografía de está incluida en la opción **Bibliografía** de la web.

1. Quevedo F. Enfermedades emergentes y re-emergentes transmitidas por alimentos. Ciencia e Investigación Vol V(2)-2002: 25-35 **Enfermedades emergentes y re-emergentes.pdf**
2. Fos Claver, S.; Vendrell Blay, E.; Minardi Mitre, R. et al. Enfermedades parasitarias de origen alimentario más frecuentes en España: incidencia y comparación con las de origen vírico y bacteriano Ars Pharmaceutica, 41:3; 293-305, 2000 **Enfermedades parasitarias origen alimentario.pdf**

3. Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) Roma, 2009 ***Enfermedades transmitidas por alimentos.pdf***

4. Administración de Medicamentos y Alimentos de los EE. UU (FDA) Organismos que causan enfermedades transmitidas por los alimentos.
<http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodborneIllnessContaminants/UCM187529.pdf>
f Organismos causan enfermedades transmitidas alimentos.pdf

PASO 6. Investigación sobre la hipótesis. Tasa de ataque. Diseño y análisis de estudios observacionales.

A partir de los resultados obtenidos anteriormente (epidemiología descriptiva), del conocimiento que tengamos de la enfermedad y de las entrevistas que hayamos realizado estaremos en disposición de plantear las primeras hipótesis. Estas hipótesis deben incluir estos tres grandes aspectos:

1. La **fuentes** probable del agente causal del brote.
2. El **modo de transmisión** probable del brote.
3. La **exposición** asociada a mayor o menor riesgo de enfermar.

La hipótesis provisional es la primera aproximación a los factores que han condicionado la ocurrencia del brote epidémico y tiene un doble interés:

- Sirve como punto de partida que orienta la dirección de la investigación.
- Sirve de base para tomar medidas de control.

Las situaciones en que más claramente está indicado abordar medidas de control inmediato, se podrían concretar en:

1. Aquéllas en que la investigación preliminar sugiere una fuente común de infección, en cuyo caso, y aún antes de finalizar la investigación, es deseable eliminar o corregir dicha fuente.
2. Aquéllas en que la enfermedad se transmite persona a persona, y clínicamente son lo suficientemente graves como para tomar medidas de control inmediato sobre la fuente de infección (enfermos) o sobre los susceptibles (contactos).

Planteamiento de la hipótesis provisional

El planteamiento y la verificación de la hipótesis correcta persigue poder llevar a cabo medidas de controles efectivos y eficientes de forma rápida. Para ello, es fundamental demostrar qué hipótesis es la correcta. Así, la confirmación de esta requiere la realización de métodos estadísticos dirigidos a la confirmación de los supuestos factores causales, de su fuente y del mecanismo de transmisión. Estos métodos se enmarcan dentro del análisis epidemiológico, que podrá ser complementado con la confirmación del laboratorio.

El análisis epidemiológico nos va a permitir demostrar que las personas que estuvieron expuestas a la fuente sospechosa tuvieron un riesgo de enfermar significativamente mayor que aquellas personas que no estuvieron expuestas. Ello requiere como punto de partida disponer de una buena y completa información sobre la historia de las diversas exposiciones de los casos y de las personas sanas, que tiene que haber sido recogida a lo largo de la investigación.

El método más simple, para demostrar un mayor riesgo entre las personas expuestas, es la comparación de las **tasas de ataque, que es sinónimo de incidencia acumulada**.

Estas tasas se han de calcular tanto para las personas expuestas a la fuente sospechosa como para las no expuestas. Aquella fuente sospechosa que presente la mínima tasa de ataque entre los no expuestos y, generalmente, la máxima tasa de ataque entre los expuestos, será en principio la fuente implicada.

Tasa de ataque de expuestos: probabilidad de que una persona expuesta al factor de riesgo desarrolle la enfermedad.

Tasa de ataque expuestos =

**Nº de personas expuestas al factor de riesgo que enferman /
Nº de personas expuestas al riesgo**

Tasa de ataque de no expuestos: probabilidad de que una persona no expuesta al factor de riesgo desarrolle la enfermedad

Tasa de ataque no expuestos =

**Nº de personas no expuestas al factor de riesgo que enferman /
Nº de personas no expuestas al riesgo**

Hay que tener sumo cuidado en la interpretación de las tasa de ataque durante el estudio de un brote o epidemia cuando no disponemos de información acerca de la proporción de susceptibles de la población estudiada.

Suponga que en una población A de 5.000 habitantes aparecen 50 casos y en una población B de 1000 habitantes aparecen 20 casos. Por los tanto tenemos que:

Tasa de ataque población A = $50/5000 \rightarrow 1\%$

Tasa de ataque población B = $20/1000 \rightarrow 2\%$

Suponga que en la población A hay un 90% de susceptibles (4500 personas) ya que un 10% está inmunizado y en la población B hay un 65% de susceptibles (650 personas) ya que un 35% está inmunizado. Recalculando las tasas de ataque tenemos que:

Tasa de ataque población A = $50/4500 \rightarrow 1,11\%$

Tasa de ataque población B = 20/650 → 3,08 %

A continuación aparece la forma general y un ejemplo de estimación de tasas de ataque extraídas del tutorial de Oswego del CDC

Las fórmulas para calcular **Tasas de ataque y razones de tasas de ataque** (también llamadas Riesgo Relativo) son las siguientes:

Alimentos servidos	Número de personas que comieron el alimento				Número de personas que NO comieron el alimento				Razón de tasas de ataque
	Enf	No Enf	Total	Porcent Enf (Tasa de ataque)	Enf	No Enf	Total	Porcent Enf (Tasa de ataque)	
Alim. 1	a_1	b_1	a_1+b_1	$\frac{a_1}{(a_1+b_1)}$	c_1	d_1	c_1+d_1	$\frac{c_1}{(c_1+d_1)}$	$\frac{(a_1/(a_1+b_1))}{(c_1/(c_1+d_1))}$
Alim. 2	a_2	b_2	a_2+b_2	$\frac{a_2}{(a_2+b_2)}$	c_2	d_2	c_2+d_2	$\frac{c_2}{(c_2+d_2)}$	$\frac{(a_2/(a_2+b_2))}{(c_2/(c_2+d_2))}$
Alim. 3	a_3	b_3	a_3+b_3	$\frac{a_3}{(a_3+b_3)}$	c_3	d_3	c_3+d_3	$\frac{c_3}{(c_3+d_3)}$	$\frac{(a_3/(a_3+b_3))}{(c_3/(c_3+d_3))}$

Alimentos servidos	Número de personas que comieron el alimento				Número de personas que NO comieron el alimento				Razón de tasa de ataque
	Enf	No Enf	Total	Porcentaje Enf (tasa de ataque)	Enf	No Enf	Total	Porcentaje Enf (tasa de ataque)	
Jamón cocido	29	17	46	63%	17	12	29	59%	1.1
Espinacas	26	17	43	60%	20	12	32	62%	1.0
Puré de patatas	23	14	37	62%	23	14	37	62%	1.0
Ensalada de col									
Gelatina									

Tasa de ataque secundario

Es la probabilidad de que un individuo susceptible que esté viviendo dentro de la misma casa, lugar de trabajo, ocio, etc. que una persona infecciosa (contagiosa) durante su período de infectividad (contagio) se convierta en un infectado.

Es una medida de la contagiosidad y es útil para evaluar medidas de control.

En relación a la probabilidad de transmisión, la tasa de ataque secundario:

- Se utiliza en unidades pequeñas: hogares, aulas, medios de transportes,...
- Se asume que la población, susceptibles e infectados, está distribuida de forma homogénea y que solo existe un contacto por persona
- Es una proporción, no una tasa, y es sinónimo de incidencia acumulada

No obstante, puede ocurrir que sean varias las fuentes sospechosas y las tasas de ataque no indiquen claramente cuál de ellas es la implicada. Por ello, en la mayoría de las ocasiones se prefiere utilizar un método más completo y preciso como es el estudio de casos y controles y el de cohortes crudo o ajustado.

Ampliación. Para analizar correctamente un brote o una epidemia consulte en la opción **Experto** de la web:

- 1) La forma de realizar búsquedas bibliográficas en el módulo II
- 2) La estimación de las medidas de frecuencia en el módulo IV
- 3) Diferentes tipos estudios, cuáles son y cuándo utilizarlos en el módulo IV
- 4) El diseño de cuestionarios y manejo de Epi Info en el módulo V
- 5) El análisis de datos y el manejo de errores y sesgos en el módulo VI
- 6) El papel de la inferencia bayesiana en el análisis de datos en el módulo VII
- 7) Los sistemas de información geográfica lo vimos en el módulo VIII
- 8) El diseño y la evaluación de un sistema de vigilancia en el módulo IX.

Existen otros métodos de abordaje al estudio de brotes y epidemias. En el anexo VI puede ver el abordaje según el método gravitacional.

En el **Anexo XVI** se desarrolla cómo realizar un análisis preliminar de un brote mediante el **Método de los cinco datos**

En el **Anexo XVII** presentamos un método para **estimar casos nuevos** de enfermedad en enfermedades de transmisión persona a persona y en enfermedades transmitida por vectores.

PASO 7. Tomar o recomendar medidas de control y prevención.

Las medidas de control y prevención se deben adoptar nada más empezar la investigación, si hay una hipótesis lo suficientemente sólida que las avalen.

La propuesta e implementación de medidas de control en caso de un brote epidémico deben ser una actividad más del equipo investigador y equipo(s) de apoyo, aunque en algunos casos, dada la complejidad de estas medidas pueden implicarse otros niveles del sector sanitario e incluso otros sectores aparte del sanitario. En muchas ocasiones las medidas de control se toman urgentemente con la información inicial existente sobre el brote.

Hay unas medidas estándar de control que generalmente son relativamente fáciles de identificar. Es necesario valorar lo apropiado de cada medida para una situación particular e identificar aquéllas otras medidas que pudieran ser necesarias.

Medidas estándar:

1. Búsqueda de posibles contactos, para prevenir la enfermedad o detectarla, tanto si la transmisión es por fuente común de infección como si es por transmisión persona a persona. En el anexo V Puede ampliar el concepto de patrones de contacto entre personas.
2. Disminuir la susceptibilidad o aumentar la resistencia de los susceptibles mediante vacunas, inmunoglobulinas, quimioprofilaxis, aislamientos, cuarentenas, lavado de manos, uso de guantes y mascarillas, trajes NBQ
3. Control de la fuente (ej. eliminar la comida contaminada, potabilizar aguas contaminadas, limpieza de torres de refrigeración, control zoonosis, etc.)
4. Control del mecanismo de transmisión y de los vehículos posiblemente contaminados (ej. alimentos, agua, aire, restricción de contactos, control de vectores, etc.).

Cada medida adoptada debe ser valorada en cuanto a su efectividad, costo, tiempo de implantación y aceptación por parte de las personas implicadas.

Investigación versus control

La decisión de dar más énfasis a la investigación o al control de un brote depende de cuánto sepamos del mismo. Si la etiología y/o el modo de transmisión es conocido entonces la prioridad es instaurar medidas de control para controlarlas. En el caso de que sean desconocidos la prioridad es investigar sobre estos aspectos.

	<i>Transmisión Conocida</i>	<i>Transmisión Desconocida</i>
<i>Etiología Conocida</i>	Investigación + Control +++	Investigación +++ Control +
<i>Etiología Desconocida</i>	Investigación +++ Control +++	Investigación +++ Control +

+++ La más alta prioridad

+ La más baja prioridad

Goodman RA, Buehler JW, Koplan JP. The epidemiologic field investigation: science and judgment in public health practice. Am J Epidemiol 1990;132:9–16.

PASO 8. Escribir los hallazgos (informe provisional y final) y remitirlos urgentemente a quien proceda. Difundir los informes para facilitar el desarrollo de la investigación en el futuro.

Durante el proceso de identificación, investigación y control de un brote epidémico, se genera una información de gran interés para diversos propósitos, relativa al brote y a la comunidad en que éste ha ocurrido. Es necesario agrupar esta información (que puede estar dispersa) en un informe final que sea lo más comprensible posible.

El informe es el instrumento mediante el cual:

- Sistematizamos en un único documento los resultados de la investigación y la descripción de las actividades realizadas en relación con el brote.
- Comunicamos los hechos, actuaciones y recomendaciones a los organismos e instituciones con competencias en desarrollar las medidas para que el fenómeno no se repita.
- Nos vemos obligados para su elaboración, a revisar las actuaciones realizadas (autocontrol de calidad).
- Comunicamos en la prensa profesional los resultados de una investigación.
- Disponemos de material para la docencia.

La información básica que contendrá el informe, comprenderá una descripción de los factores que desencadenaron los hechos, la evaluación de las medidas tomadas para su control y las recomendaciones para la prevención de episodios similares en el futuro. Su contenido seguirá una secuencia directa lo más clara y simple posible,

especificando si los hechos que se indican han sido probados, y en cualquier caso las fuentes de información.

Es necesario agrupar la información obtenida en un informe final que sea lo más comprensible posible para quienes lo utilizan con posterioridad.

Este informe contendrá:

- Una descripción de los factores que desencadenaron los hechos.
- La evaluación de las medidas tomadas para su control.
- Las recomendaciones para la prevención de episodios similares en el futuro.

Su contenido seguirá una secuencia directa lo más clara y simple posible, especificando si los hechos que se indican han sido probados, y en cualquier caso las fuentes de información.

Los **apartados que debe incluir este informe** son los siguientes:

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Resumen ejecutivo- Introducción- Características del lugar- Metodología- Resultados- Discusión- Conclusión- Medidas de control- Recomendaciones- Agradecimiento- Bibliografía |
|---|

I. Resumen ejecutivo

Para que no sea necesario leer el informe completo para informarse de los hechos, deberá realizarse un resumen que con brevedad describa los hechos, las actividades realizadas y sus resultados. Aunque el resumen se haga al final del informe, se presentará al inicio del mismo, previo a la introducción.

La extensión debería limitarse a unas 250 palabras, autoexplicativo, en tiempo pasado, breve y claro, estructurado en 7 apartados (antecedentes, contexto y tiempo de respuesta, participantes, intervención, resultados (coberturas, tasas, curva epidémica...), conclusiones) congruentes con los apartados correspondientes.

Evitar: Comentarios o conclusiones que no corresponden con las del resto del informe. Poca claridad sobre respuesta y el desarrollo de la investigación, no correspondencia

de los resultados con las conclusiones. Presencia de demasiados datos numéricos o de abreviaturas.

II. Introducción

En ella se describen los motivos por los que se realizó la investigación, se reflejarán los hechos que hicieron sospechar la ocurrencia del brote, quién o quiénes y cuándo lo detectaron y notificaron, cuándo y dónde aparecieron los primeros casos, (Fecha y hora de posible exposición, de los primeros síntomas, de la demanda asistencial, de la comunicación como alerta, de la intervención en); así como sus características (Población expuesta, número de casos identificados hasta el momento, especificando cuántos de ellos han sido atendidos en urgencias hospitalarias, ingresados o fallecidos, cuál es la gravedad del cuadro clínico, cuales son los síntomas más destacables).

Igualmente en este apartado se hará referencia a los antecedentes de casos o brotes epidémicos de esa enfermedad en el mismo área geográfica, y las medidas de control y prevención posteriores realizadas en su momento. Complementarlo con ilustración de planos, fotos.. etc.

Detallar la finalidad específica del estudio del brote, planteando la hipótesis epidemiológica si se considera.

III. Características del lugar, tiempo y persona

Se hará una descripción básica (pero con detalle en aquellos aspectos que tengan relación con la ocurrencia del brote) de la comarca, localidad, barrio o establecimiento (colegio, fábrica, restaurante, hospital, etc.), incluyendo aspectos como características demográfica geográficas, económicas, sociales, saneamiento, medio ambiente, distribución de alimento etc., así como acontecimientos acaecidos con anterioridad a la aparición del brote (ej. riada u otros fenómenos naturales, mayor afluencia de visitantes, averías o repercusiones en el saneamiento básico, inicio del curso escolar, fiestas, banquetes, etc.).

IV. Metodología

En este apartado se incluirán:

- Población de estudio. Diseño de muestra en su caso.
- Definición de caso y control (criterios clínicos y/o epidemiológicos).
- Variables estudiadas (de persona, lugar y tiempo)
- Quién y cómo ha localizado los casos.
- Quién y cómo ha seleccionado los controles.
- Quién realiza la encuesta (Modelo utilizado).
- Metodología de cálculo de curva epidémica (Fecha de inicio de síntomas que es la prioritaria, de diagnóstico, de primera consulta,). Si se puede, calcular el período de incubación o latencia, caracterizando la media, mediana y moda.

- Métodos diagnósticos complementarios (tipo de prueba, método de recogida, transporte y análisis de muestras, otras pruebas complementarias,..)
- En su caso Investigación ambiental y/o alimentaria (Local o establecimiento/s implicados, red de abastecimiento, existencia de fuentes con agua no potable, aguas residuales, procedencia de alimentos sospechosos, etc).
- Diseño epidemiológico utilizado: Método descriptivo. Analítico. Análisis estadístico utilizado.

V. Resultados

Se incluyen los apartados descriptivo y analítico de la investigación del brote:

Exponerlos en el mismo orden que la sección de métodos. No se deben interpretar o discutir aquí.

- Estudio epidemiológico.
 - Número de casos, tasas de ataque.
 - Clínica: sintomatología, duración, hospitalización, gravedad.
 - Epidemiología descriptiva (persona, lugar y tiempo). Cálculo de tasas en su caso (grupos de edad, tipo de población, sexo, etc.). Mecanismo de transmisión, fuente origen del problema y en su caso vehículo.
 - Factores de riesgo de exposición.
 - Epidemiología analítica (OR, RR, etc.)
- Pruebas diagnósticas complementarias: Número de pruebas y resultados
- Investigación ambiental y/o alimentaria:
 - Inspecciones realizadas y resultados
 - Muestras ambientales y/o alimentarias y resultados

VI. Discusión

Debe centrarse sobre todo en la intervención y control del brote y limitaciones

En base a la descripción y análisis de los resultados se estudiarán las distintas hipótesis que pudieran explicar las causas y factores que han condicionado la ocurrencia del brote explicándose el por qué se acepta o rechaza, en su caso, una de ellas.

- Destacar los resultados más importantes
- Limitaciones del estudio e intervención
- Justificación y/o rechazo de las distintas hipótesis planteadas
- Comparación con otros resultados de brotes similares
- Evaluación de las medidas de control del brote
- Necesidad de futuras investigaciones

- Dificultades encontradas en la investigación: (negativa de profesionales a colaborar, de los afectados o familiares, dificultad para disponer de listados de personas para llevar a cabo vacunaciones o profilaxis, dificultades con otras instituciones, no posibilidad de muestras alimentarias, fallos en los circuitos de tomas de muestras, ...).
- Dificultades en la organización de la estrategia y abordaje.
- Repercusiones en la población: alarma social, medios de comunicación, etc.
- Aspectos favorecedores a destacar

VII. Conclusiones

Como culminación de la discusión indicamos las causas o factores que han determinada la ocurrencia del brote.

VIII. Medidas de control

Se describen las medidas que se han adoptado para el control del brote, haciendo una valoración acerca de la utilidad, forma y prontitud con que se indicarán aquellas medidas que a nuestro juicio hubieran sido útiles, pero que no se han tomado, y las dificultades encontradas para su ejecución.

IX. Recomendaciones

Se indicarán las actuaciones que deberían desarrollarse para:

- a) Reducir o eliminar el problema actual, si éste no ha sido definitivamente resuelto.
 - b) Prevenir que ocurran problemas similares en el futuro.
 - c) Prevenir la ocurrencia de cualquier otro problema no directamente relacionado con el actual, pero puesto de manifiesto a lo largo de la investigación.
 - d) Detectar y actuar ante situaciones de este tipo de una forma eficaz y eficiente.
- Estas recomendaciones se podrían esquematizar en función del tiempo (corto, medio y largo plazo, transitorias y permanentes) y el colectivo o el colectivo o institución que las deben ejecutar: autoridades e institución sanitaria, corporaciones locales, otros organismos públicos, empresas e instituciones privadas, grupos de población o individuos afectados o que su conducta está relacionada con la ocurrencia del brote.

X. Agradecimientos

Para finalizar el informe, se hará referencia a aquellas personas e instituciones que han colaborado directa o indirectamente en el desarrollo de la investigación.

XI. Bibliografía

Se presentarán referencias bibliográficas utilizadas a lo largo de la investigación.

Referencias

- CDC. Principles of Epidemiology in Public Health Practice. An Introduction to Applied Epidemiology and Biostatistics. Third Edition. Course SS1978. Atlanta. October 2006. Updated May 2012
- Council of Statate and Territorial Epidemiologists. Epidemiologic Capacity Assessment Guide. Atlanta, 1.997. Disponible en <http://www.cste.org/pdffiles/Epi%20cap%20assess%20guide.pdf>
- Courtois C. Cómo afrontar la crisis del sector sanitario. Madrid, Marco Gráfico SL, 2001
- Decisión 2000/57/CE relativa al Sistema de alerta precoz y respuesta para la vigilancia de las enfermedades transmisibles. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 26 enero 2000
- Decreto 66/1.996 de 13 de febrero por el que se constituye en la Comunidad de Andalucía el Sistema de Vigilancia Epidemiológica y se determinan normas del mismo.
- Martínez Navarro F, Donado Campos J. Estudio de brotes. En: Martínez Navarro F (ed.) Vigilancia epidemiológica. Madrid: McGraw-Hill/ Interamericana. 2004.
- OPS. Funciones esenciales de salud pública. 42º Consejo directivo. CD42/15. Washington, D.C., del 25 al 29 de septiembre de 2000. Disponible en http://www.paho.org/Spanish/GOV/CD/cd42_15-s.pdf
- Nunamaker JF, Weber ES and Chen M. Organizational crisis management system: Planning for intelligent action. Journal of Management Information Systems. 1989. 5 (4): 7-32.
- Orden SSI/445/2015, de 9 de marzo del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. BOE 17-05-2015
- Organización Panamericana de la Salud. Módulo de Principios de Epidemiología para el Control de Enfermedades (MOPECE) Segunda edición revisada. Investigación epidemiológica de campo: aplicación al estudio de brotes. Washington. 2011
- Protocolo de actuación ante un brote epidémico. Protocolos de actuación ante alertas epidemiológicas. Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Andalucía. 2003. http://www.csalud.junta-andalucia.es/salud/sites/csalud/contenidos/Informacion_General/p_4_p_1_vigilancia_salud/procedimiento_generales_especificos?perfil=org
- Protocolos de las enfermedades de declaración obligatoria. Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud: 23 de julio de 2013. Disponible en: http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-servicios-cientifico-tecnicos/fd-vigilancias-alertas/PROTOCOLOS_RENAVE.pdf

- Thacker SB, Stroup DF. Future directions of comprehensive public health surveillance and health information systems in the United States. *Am J Epidemiol* 1994; 140:383-97.
- Vigilancia epidemiológica. Ferrán Martínez Navarro Editor. McGraw-Hill Interamericana 2004. Cap. 8 Vigilancia epidemiológica en situaciones de crisis. pags 181- 192. Autores: Javier García León y Javier Guillén Enríquez
- Vigilancia epidemiológica. Ferrán Martínez Navarro Editor. McGraw-Hill Interamericana 2004. Cap. 11 Alerta de Salud Pública. pags 231-250. Autores: Javier Guillén Enríquez y Juan Carlos Fernández Merino.

III parte

Anexos

ANEXO I

Glosario

Agente infeccioso. Microorganismo (virus, bacteria, hongo, o parásitos) capaz de producir una infección o una enfermedad en una persona.

Agregación temporo-espacial¹ Indica la existencia de casos cuya única relación es su coincidencia en el tiempo, en el espacio o en ambas dimensiones.

Se considera que los casos están próximos en el tiempo cuando aparecen en el lapso de tiempo entre el periodo de incubación mínimo y máximo, o en la misma generación de casos. En el caso de que el lapso sea mayor, entonces podemos considerar que los casos están relacionados en el tiempo siempre que los periodos de observación sean consecutivos o entre ellos haya un periodo de incubación, o de generación, sin casos. La transmisión se puede considerar rota cuando entre los casos haya un lapso de tiempo superior a 3 periodos de incubación consecuentes.

Para considerar que los casos están próximos en el espacio es necesario tener en cuenta la difusión de la enfermedad. En las infecciones relacionadas con la transmisión hídrica o en las alimentarias se puede establecer un criterio de proximidad espacial relacionado con la red de distribución de agua o de la cadena comercial del alimento sospechoso. En el caso de infecciones transmitidas persona a persona, como es el caso de la enfermedad meningocócica, gripe, tuberculosis, etc., el criterio de proximidad lo da la pertenencia a la misma familia, escuela, lugar de trabajo, etc. y en el caso de poblaciones la red de comunicaciones y los territorios socialmente consolidados o la estructura urbana; en el caso de la legionelosis u otros riesgos ambientales la proximidad la marca la dispersión del penacho de emisión de las torres de refrigeración, por ejemplo.

Por último, se considera relacionado en tiempo-espacio cuando ambos criterios de proximidad coinciden en una persona.

Aislamiento² Separación de los demás de personas enfermas o contaminadas o de equipajes, contenedores, medios de transporte, mercancías, paquetes postales afectados, con objeto de prevenir la propagación de una infección y/o contaminación.

Antropofilia^{11, 25} Tendencia de ciertos insectos (mosquitos) a picar al hombre. **Índice de antropofilia:** proporción de anófeles, de cualquier especie o variedad, en los que puede revelarse, mediante reacciones de precipitación y, en determinadas circunstancias, la presencia de sangre humana. Este índice oscila entre 0 (especie o población completamente zoofílica, solo pica a animales) y 1 (vector totalmente antropofílico, solo pica a los humanos)

La frecuencia de picada sobre humanos es:

Índice de antropofilia / Duración del ciclo gonadotrófico

La tasa de picada es igual a:

Frecuencia de picada * Densidad de mosquitos por persona

A su vez la Densidad de mosquitos por persona es:

Población del vector / Población humana

Beta. Véase **Casos nuevos**

Brote¹ Es una epidemia limitada en tiempo y espacio. Se considera la posibilidad de un brote cuando dos o más casos de la misma enfermedad, o producidos por la misma cepa de un microorganismo, aparecen en un tiempo: a) Compatible con el **periodo de generación**. En tal caso, su presencia indica que la exposición se produjo durante el **periodo de contagio** del caso fuente, perteneciendo los casos a la misma generación; b) Comprendido entre el máximo y mínimo del **periodo de incubación**. En esta circunstancia indica que están expuestos a la misma fuente de infección.

Cuando aparece un caso de enfermedad en un territorio libre hasta entonces de ella, debemos considerar la necesidad de intervenir para su control, independiente del número de casos. Especial importancia debemos darle cuando se trata de microorganismos emergentes o re-emergentes.

El Real Decreto por el que se crea la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (RENAVE) considera brote o situación epidémica:

1. El incremento significativamente elevado de casos en relación a los valores esperados. La simple agregación de casos de una enfermedad en un territorio y en un tiempo comprendido entre el mínimo y el máximo del periodo de incubación o de latencia podrá ser considerada, asimismo, indicativa.
2. La aparición de una enfermedad, problema o riesgo para la salud en una zona hasta entonces libre de ella.
3. La presencia de cualquier proceso relevante de intoxicación aguda colectiva, imputable a causa accidental, manipulación o consumo.
4. La aparición de cualquier incidencia de tipo catastrófico que afecte, o pueda afectar, a la salud de una comunidad.

La declaración de brotes es obligatoria y urgente. Esta obligatoriedad afecta, en primera instancia, a todos los médicos en ejercicio y a los centros sanitarios, públicos y privados, que detecten la aparición del mismo.

La Organización Mundial de la Salud en su documento de *Prevención de las infecciones nosocomiales*. (2003) define las infecciones nosocomiales como “Una infección contraída en el hospital por un paciente internado por una razón distinta de

esa infección. Una infección que se presenta en un paciente internado en un hospital o en otro establecimiento de atención de salud en quien la infección no se había manifestado ni estaba en período de incubación en el momento del internado. Comprende las infecciones contraídas en el hospital, pero manifiestas después del alta hospitalaria y también las infecciones ocupacionales del personal del establecimiento

El brote se considerará cerrado cuando se constate la ausencia de casos durante un periodo equivalente a dos veces la duración máxima del periodo de incubación, desde el último caso conocido

Bucle. Véase *Cibernética*

Canal o corredor endémico²³ Gráfico en el cual la incidencia actual pueda ser representada gráficamente sobre la incidencia histórica y, de esta forma, detectar tempranamente cifras anormalmente altas (o bajas) de casos de la enfermedad en estudio. Hay diversas formas de construirlos.

Capacidad vectorial^{11, 24, 26, 39} Se define como la tasa diaria de generación de casos nuevos por un vector. Depende de las características del **vector** (susceptibilidad, persistencia del agente en el vector, antropofilia, domesticidad, tipo de vector, biológico o mecánico, mecanismo de transmisión, abundancia de vectores), del **agente** (disponibilidad en los reservorios, afinidad por el vector, capacidad de multiplicación en el vector, carga parasitaria, patogenicidad), del **huésped** (edad, sexo, estado inmunitario,...) y del **medioambiente** (clima, relieve, hidrografía, tipo de vivienda, contaminación, reservorios, actividad humana)

Se puede estimar mediante la fórmula desarrollada por Ross para la malaria

$$CV = \frac{m * b * c * a^2}{\mu_2}$$

m = Densidad de mosquitos por persona (0,5 – 40)

b = Probabilidad de que una picadura origine una infección en el humano (0,2 – 0,5)

c = Probabilidad de que una picadura origine una infección en el vector (0,5)

a = Tasa de picaduras en humanos por mosquito (0,001-0,5 por día)

μ_2 = Tasa per cápita de mortalidad de mosquito (0,05-0,5 por día)

La probabilidad de que el vector sobreviva a lo largo del periodo de incubación extrínseca del parásito, μ_2 , requiere información de la probabilidad de supervivencia (PS) del vector y la duración del **periodo de incubación extrínseco**. En los dípteros, PS puede ser estimado verbalmente de la razón de paridad (proporción de hembras parosas por número examinado). En la práctica $PS = (\text{razón de paridad})^{1/g}$ donde g es el largo del **ciclo gonadotrófico**. El periodo de incubación extrínseco puede ser estimado de la temperatura ambiental de data colectada durante experimentos de

competencia del vector, examinando el tiempo desde infección hasta la transmisión para vectores incubados a diferentes temperaturas.

Caso¹ Es una enfermedad determinada, desorden de salud o condición que se investiga en un individuo, en una población o en un determinado grupo de estudio. También se conoce como caso a una persona que padece esa enfermedad o desorden⁹, para definir un caso de enfermedad debemos tener en cuenta los siguientes criterios.

Criterio clínico, incluye los síntomas más frecuente que refieren los enfermos que no debe confundirse con el proceso clínico del diagnóstico. Este criterio incluye los siguientes tipos de casos:

- a) **sospechoso**, solo se dispone de síntomas clínicos inespecíficos;
- b) **probable**, solo se dispone del cuadro clínico específico presente de la enfermedad, de acuerdo con lo descrito por los enfermos del brote.
- c) **confirmado**, cuando la información clínica específica se acompaña de la confirmación de laboratorio.

2. **Criterio epidemiológico**, En este caso se toma en consideración su relación con la exposición al factor de riesgo:

- a) **caso índice** (*index case*) Es el primer caso que aparece en una familia o grupo definido que llama la atención del investigador;
- b) **caso primario** (*primary case*) Es el individuo que introduce la enfermedad en una familia o grupo determinado. No es necesariamente el primer caso diagnosticado en esa familia o grupo.
- c) **casos coprimarios**. Son los simultáneos al caso inicial.
- d) **caso secundario, terciario, etc.**, aquellos que se infectan después de un contacto contagioso y cuyos primeros síntomas son compatibles con el periodo de incubación.
- e) **caso fuente**, el caso infeccioso que está en la fase de contagio

Véase **Tasa de ataque secundario**

Casos incidentes. Véase **Casos nuevos**

Casos nuevos^{3, 4, 5, 6, 7} En enfermedades de transmisión persona a persona, el número de casos nuevos de enfermos, **casos incidentes o ley de acción de masas**, que aparecen por unidad de tiempo depende de:

- 1. Tamaño de la población de personas susceptibles. A mayor número de susceptibles mayor número de casos nuevos.
- 2. Tasa instantánea de incidencia, **hazard rate o fuerza de la infección** que se representa con la letra griega *lambda* que mide la incidencia *per cápita* por individuo susceptible, es sinónimo de tasa o densidad de incidencia, que a su vez depende de:

2.1 Tasa de contagio o coeficiente o probabilidad de transmisión que representa con la letra griega *beta*. Este coeficiente está relacionado con factores sociológicos y de comportamientos de la población huésped así como de las características biológicas que determinan la contagiosidad de una persona infectada y de la susceptibilidad de un individuo sano. Estas características biológicas incluyen factores como la virulencia y características genéticas del agente infeccioso además del estado nutricional del huésped. La tasa de contagio (*beta*), depende de dos parámetros:

2.1.1 Número de contactos por unidad de tiempo. Un contacto es cualquier persona o animal cuya asociación con un individuo o animal infectado o con un ambiente contaminado haya creado la posibilidad de contraer la infección. Véase ***Patrones de contacto y Anexo V***.

2.2.2 Probabilidad contacto efectivo. Es la probabilidad que, dado un contacto entre una fuente infectiva y su huésped susceptible, haya una transferencia exitosa tal que el huésped susceptible se convierta en infectado. Esta probabilidad depende de: de las características del huésped susceptible y del huésped contagioso, de la definición de contacto que utilicemos y del tipo de parásito. Se estima a partir de la tasa de ataque secundario o de modelos probabilísticos: binomiales, de Poisson, ***modelo de Reed-Frost***, etc. Estos modelos asumen que el caso índice aparece en la misma población donde aparecen posteriormente el resto de los casos. Si no tomamos en consideración que un individuo puede contagiarse fuera de su comunidad podemos estar sobrestimando la probabilidad de que un individuo se vuelva caso a partir de un contacto.

Bajo estas suposiciones la incidencia de una infección podrá aumentar por dos razones: o porque aumente el número de contacto persona a persona o porque aumente la probabilidad de contacto efectivo.

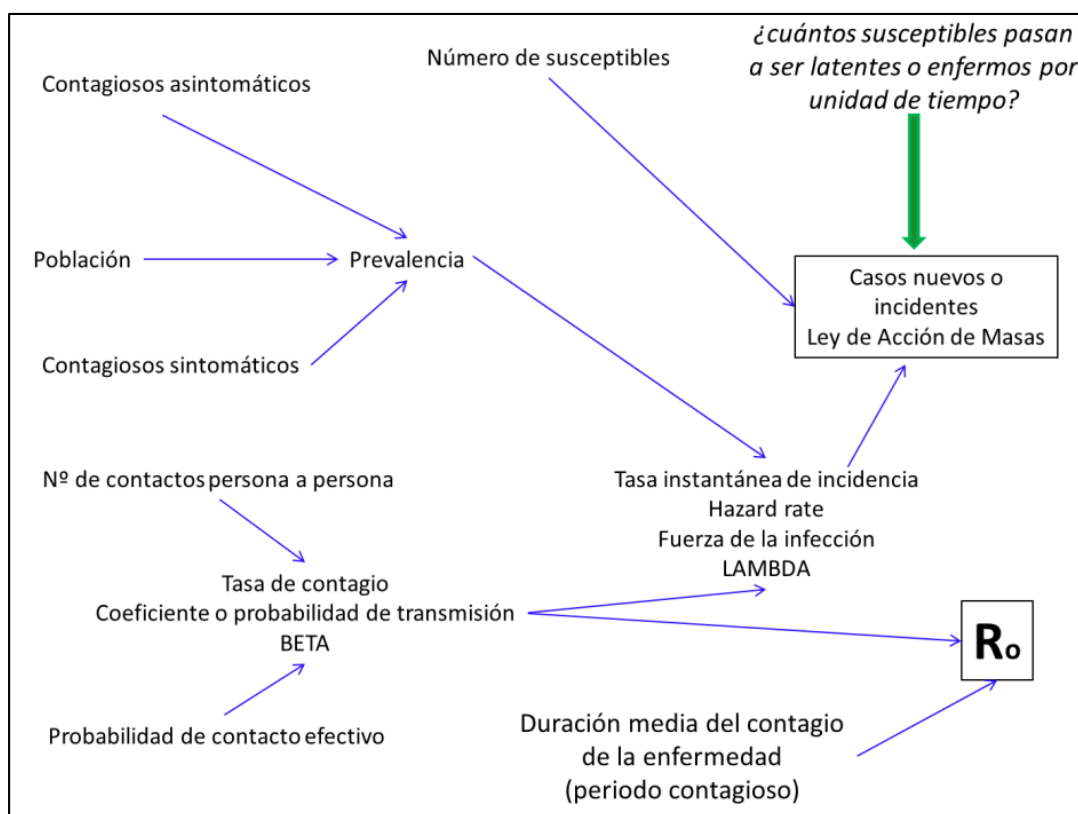
2.2. Prevalencia de la enfermedad. La prevalencia mide la probabilidad de tener la enfermedad en un momento dado. Depende de:

2.2.1 Contagiosos sintomáticos. Son las personas enfermas que son detectadas por los sistemas de vigilancia.

2.2.2 Contagiosos sintomáticos. Son las personas enfermas que NO son detectadas por los sistemas de vigilancia por diversas razones. Es lo que se denomina “epidemia oculta”.

2.2.3 Población en donde están presente los casos
Veamos todos estos conceptos en un ***diagrama causal***.

Por último, observamos que el ***Número reproductivo básico (R_0)*** depende de la tasa de contagio (*beta*) y del ***período contagioso***.



Consulte el Anexo XVII

En enfermedades de transmitida por vectores, la tasa diaria de casos nuevos o **capacidad vectorial** depende de:

1. Intensidad de transmisión. Equivale a la tasa instantánea de incidencia, *hazard rate* o fuerza de la infección que se representa con la letra griega *lambda* que mide la incidencia *per cápita* por individuo susceptible, es sinónimo de tasa o densidad de incidencia, que vimos anteriormente. Véase **tasa de inoculación entomológica**. Depende de:

1.1 Tasa de contagio o coeficiente o probabilidad de transmisión que representa con la letra griega *beta*. Este coeficiente está relacionado con factores sociológicos y de comportamientos de la población huésped así como de las características biológicas que determinan la contagiosidad de una persona infectada y de la susceptibilidad de un individuo sano. Estas características biológicas incluyen factores como la virulencia y características genéticas del agente infeccioso además del estado nutricional del huésped. La tasa de contagio (*beta*), depende de dos parámetros:

1.1.1 Tasa de picaduras por persona. Depende de:

- Picaduras por vector y día que a su vez depende de la duración del **ciclo gonadotrófico** y del Índice de **antropofilia**.

- Densidad del vector por persona que se estima a partir del número total de humanos y del número total de vectores.

1.1.2 Probabilidad de que una picadura origine una infección en el humano humano.

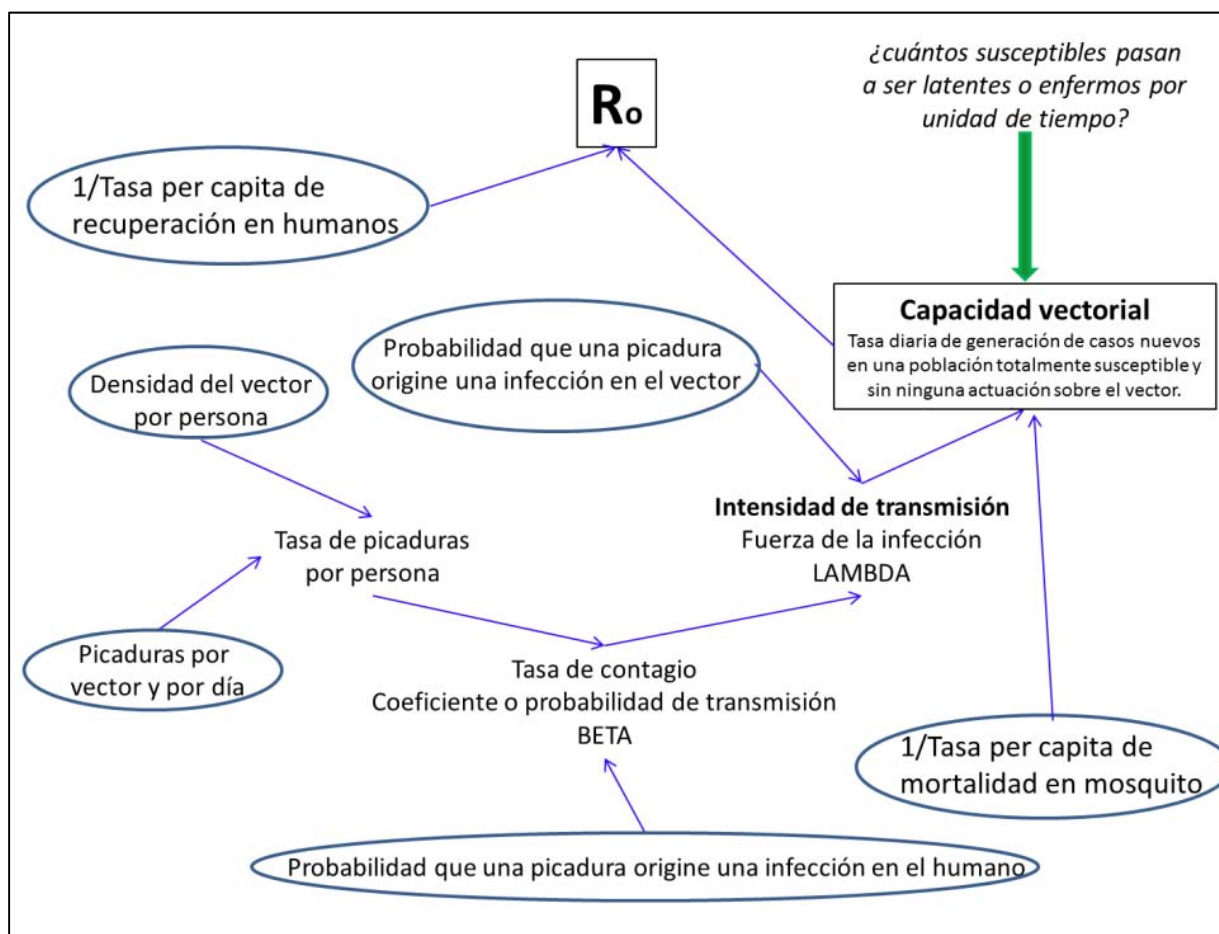
1.2. Probabilidad de que una picadura origine una infección en el vector.

2. La inversa de la tasa per capita de mortalidad en mosquito

En este caso, R_0 es igual a la capacidad vectorial multiplicada por la inversa de la tasa per capita de recuperación en humanos.

Los componentes de la **capacidad vectorial** y de R_0 que aparecen descritos en las referencias 11 y 26 aparecen en el esquema dentro de un óvalo.

El **diagrama causal** es el siguiente:



Consulte el Anexo XVII

Cibernética. La **cibernética** es una ciencia interdisciplinar que trata de los sistemas de comunicación y control en los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. Cibernética proviene del griego *kybernēēēs* que significa 'timonel' o 'gobernador' y nace como ciencia en 1942. Este término fue acuñado por el matemático

estadounidense Norbert Wiener (1894 – 1964) en su libro *Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas*, publicado en 1948⁶¹.

La cibernética se desarrolló como investigación de las técnicas por las cuales la información se transforma en la actuación deseada y surgió como consecuencia de los problemas planteados durante la II Guerra Mundial al desarrollar los denominados cerebros electrónicos y los mecanismos de control automático para los equipos militares como los visores de bombardeo.

Esta ciencia contempla de igual forma los sistemas de comunicación y control de los organismos vivos que los de las máquinas. Para obtener la respuesta deseada en un organismo humano o en un dispositivo mecánico, habrá que proporcionarle, como guía para acciones futuras, la información relativa a los resultados reales de la acción prevista. En el cuerpo humano, el cerebro y el sistema nervioso coordinan dicha información, que sirve para determinar una futura línea de conducta; los mecanismos de control y de autocorrección en las máquinas sirven para lo mismo. El principio se conoce como *feedback* (realimentación), y constituye el concepto fundamental de la automatización.

La cibernética también se aplica al estudio de la psicología, la inteligencia artificial, los servomecanismos, la economía, la neurofisiología, la ingeniería de sistemas y al de los sistemas sociales. La palabra cibernética ha dejado de identificar un área independiente de estudio y la mayor parte de la actividad investigadora se centra ahora en el estudio y diseño de redes neurales artificiales^{42, 62, 63}

Un aspecto fundamental de la cibernética es la *homeostasis* que es el rasgo de los sistemas autorregulados (cibernéticos) que consiste en la capacidad para mantener ciertas variables en un estado estacionario, de equilibrio dinámico o dentro de ciertos límites, cambiando parámetros de su estructura interna.

Si nos referimos a los seres vivos definimos homeostasis como *“Conjunto de fenómenos de autorregulación, que conducen al mantenimiento de la constancia en la composición y propiedades del medio interno de un organismo”* o *“Conjunto de fenómenos de autorregulación que intentan mantener equilibradas las composiciones y las propiedades del organismo”*^{13, 63, 64, 65}

Ejemplos de homeostasis a nivel “micro” son: mantenimiento de la temperatura corporal, el mantenimiento de la glucemia mediante la secreción de insulina y glucagón, el mantenimiento del sistema neuroendocrino mediante el eje hipotalámico-hipofisario-adrenal. A nivel “macro” tendríamos el equilibrio que mantiene las presas y los predadores en un determinado ambiente y que se puede explicarse por el modelo de Lokta-Volterra o el concepto de población en estado estacionario (steady state population) donde se mantienen constantes la incidencia, mortalidad y migraciones.

Una característica de los sistemas sociales es que las interrelaciones que existían entre las personas *no tienen una forma unidireccional en la que un determinado comportamiento solo provoca un determinado resultado o acción*, (esto se conoce como sistemas no realimentados o de lazo abierto) *sino que a su vez este resultado o*

*acción influye a su vez en los comportamientos que a su vez vuelve a influir en los resultados. Es decir, el tipo de interrelaciones que tienen unas personas con otras y con ellas mismas tienen un comportamiento circular o de realimentación. A este tipo de relaciones que comienzan y terminan en la misma variable se denomina bucle o realimentación (feedback)*⁴¹ y se denominan sistemas de lazo cerrado. En este sentido, realimentación se utiliza con el significado de “respuesta”; esto es, se trata de un retorno de los efectos de una acción que influye en un siguiente paso; es decir, un vínculo de dos direcciones⁴⁵ El concepto de realimentación es fundamental para comprender qué es la homeostasis y por ende los sistemas cibernéticos. Existen dos tipos de realimentación la positiva y la negativa. La realimentación se estudia a partir de los **diagramas causales** o diagramas de influencia.

Ciclo gonadotrófico¹¹ La ingesta de sangre de vertebrados y el desarrollo de los huevos del insecto están estrechamente relacionados. Por lo tanto, la hembra no realizará una nueva comida sanguínea hasta no haber ovipuesto el lote anterior. El período de tiempo entre dos comidas sanguíneas consecutivas se conoce como **ciclo gonadotrófico**. El inverso de este ciclo es la *frecuencia de picada por hembra*. La duración de este ciclo depende de la lluvia, sequía, mantenimiento incorrecto de los sistemas de irrigación, cambios en hábitos alimentarios del vector....

Ciclo vital de los mosquitos^{18, 19, 20} Conocer el ciclo vital de los mosquitos es fundamental para comprender y modelar las enfermedades que son transmitidas por ellos. Entre estas enfermedades tenemos: malaria, dengue, fiebre amarilla, la transmitida por el virus del Nilo occidental, fiebre de Chikungunya o artritis epidémica entre otras. Vamos a realizar una descripción general del ciclo vital de los mosquitos aunque cada enfermedad presenta aspectos específicos que tendrán que tenerse en cuenta cuando la modelemos. El mosquito pasa por cuatro etapas en su ciclo vital: huevo, larva, pupa y mosquito adulto. Veamos las distintas etapas con detalle. Huevo. Las hembras de mosquito copulan una vez en su vida y quedan inseminadas permanentemente. La primavera es la época del desarrollo larvario. La puesta de huevos es en el agua o en lugares húmedos que luego se inundan. Estos lugares pueden ser cubos, macetas, latas, lagos, piscinas, zonas pantanosas, riachuelos, etc. Ponen entre 100-300 huevos por noche y hacen una puesta cada tres noches durante toda su vida fértil. Las minúsculas larvas de mosquito emergen de los huevos en 24 a 48 horas, casi simultáneamente. La mayoría de los huevos liberan a las larvas en 48 horas, mientras que algunos pueden esperar durante el invierno ante de la eclosión. No todos los huevos eclosionan. Las larvas crecen rápidamente en el agua. Comen algas, plancton, organismos unicelulares o comen otras larvas de su misma u otra especie. Viven en el agua entre 4 y 14 días dependiendo de la temperatura del agua y cambian de piel 4 veces en este periodo. Durante la cuarta muda, la larva se transforma en pupa. Las pupas permanecen en el agua. Es un estado intermedio en el

que no se alimentan. Se convertirá en mosquito adulto entre los 2 y 4 días dependiendo de la especie y la temperatura. Cuando el desarrollo está terminado, la piel de la pupa se rompe y el mosquito adulto emerge. El mosquito adulto se queda en la superficie del agua hasta que se seca. Durante dos días, el nuevo mosquito adulto no podrá alimentarse de sangre ni aparearse. La vida media de un mosquito adulto es muy variable: las hembras viven entre 3-6 semanas aunque pueden llegar hasta los 5 meses. Los machos viven unas 1-2 semanas. El tamaño suele oscilar entre 5 y 15 mm. Solamente las hembras pican para alimentarse de sangre ya que necesitan proteínas para la formación de los huevos. Los machos no pican, sino que se alimentan del néctar de las flores y otras fuentes de azúcar. Los mosquitos vuelan por debajo de los siete u ocho metros de altura y pueden volar de 1,6 a 4,8 kilómetros de distancia a una velocidad de 1,6 a 2,4 kilómetros por hora. A veces, las hembras que emergen al final del verano pueden hibernar hasta la primavera y poner entonces sus huevos. Los mosquitos adultos al principio son todos susceptibles y empiezan a infectarse cuando pican a humanos o animales enfermos.

Más específicamente, en el caso de la malaria el ciclo de vida de la infección comprende a plasmodios (parásitos), humanos y vectores (transmisión indirecta) Los humanos infectados e infectan tienen gametocitos en la circulación periférica. Estos estadios infectan a los mosquitos. Los mosquitos infectados e infectantes tienen esporozoitos en las glándulas salivares que son las formas infectantes para los humanos¹¹

En el ciclo vital de los mosquitos influyen en gran manera los factores medioambientales y meteorológicos. Entre estos factores se incluyen:

a) Agua. Tiene un papel fundamental en el ciclo vital de la mayoría de los vectores. Tanto el agua procedente de la lluvia que provoca el incremento de nivel de ríos y lagos así como la aparición de humedales como el agua que se almacena en depósitos sin ningún tipo de protección o que se acumula en floreros, baldes, depósitos de neumáticos, chatarrerías...

b) Altitud, temperatura y humedad relativa. Tienen gran importancia ya que cada vector se desarrolla a una altitud, temperatura y humedad determinada lo que provoca las diferentes distribuciones geográficas de este tipo de enfermedades. Así, la reproducción del *Anopheles* está influenciada por la temperatura. Un incremento de 12°C a 31°C reduce el número de días requeridos para que se reproduzca pasando de 65 a 7,3 días²⁶ La esporogonia del parásito en el vector se completa en 55 días a 16°C y en 7 días a 28°C²⁶

c) Vegetación. La cantidad de vegetación está relacionada con la humedad del terreno y conocerla tiene una importancia capital para predecir posibles epidemias transmitidas por vectores como el paludismo. La estimación de la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación se realiza mediante el Índice de vegetación de diferencia normalizada o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) que se estima a partir de la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una

plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja²⁷ Los valores del NDVI están en función de la energía absorbida o reflejada por las plantas en diversas partes del espectro electromagnético. La respuesta espectral que tiene la vegetación sana, muestra un claro contraste entre el espectro del visible, especialmente la banda roja, y el Infrarrojo Cercano (IRC). Mientras que en el visible los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, en el IRC, las paredes de las células de las hojas, que se encuentran llenas de agua, reflejan la mayor cantidad de energía. En contraste, cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés, ya sea por presencia de plagas o por sequía, la cantidad de agua disminuye en las paredes celulares por lo que la reflectividad disminuye el IRC y aumenta paralelamente en el rojo al tener menor absorción clorofílica. Esta diferencia en la respuesta espectral permite separar con relativa facilidad la vegetación sana de otras cubiertas. El cálculo del NDVI produce una medida cuantitativa que está relacionada con las condiciones de la vegetación y su biomasa. Los valores de este índice fluctúan entre -1 y 1. Valores por encima de 0.1 indican presencia de vegetación, y mientras mayor sea las condiciones de vigor son mejores²⁸ Las estimaciones de este índice se pueden obtener a través del Observatorio de la Tierra de la NASA²⁹

Véase **Vector**

Comportamiento complejo. Véase **Sistema**

Comportamiento emergente. Véase **Sistema**

Cribado (screening)⁹ Se define como la identificación presunta de enfermedad o defecto no reconocido por el individuo mediante la aplicación de pruebas, exámenes u otros procedimientos que pueden aplicarse rápidamente. Las pruebas de detección clasifican a las personas entre aquellas probablemente tienen una enfermedad y entre aquellas probablemente no la tienen. Una prueba de detección no es una prueba diagnóstica. Las personas con hallazgos positivos o sospechosos deben ser remitidas a su médico para el diagnóstico y tratamiento necesario.

Cobertura vacunal. Véase **Vacunación.**

Coeficiente de transmisión. Véase **Casos nuevos**

Contagio⁸ Es la forma de propagación de un agente infeccioso desde una fuente o reservorio, a una persona mediante **transmisión o contacto directo**: piel, mucosas, besos, mordeduras, manos, contacto sexual, etc.

Contagio, tasa de. Véase **Casos nuevos**

Contagiosidad¹ La medición de la contagiosidad requiere medidas específicas tales como la probabilidad de transmisión, la tasa de ataque secundario y el número

reproductivo básico. Éstas miden con precisión no sólo la exposición sino las condiciones en las que se produce la transmisión y sus diferentes factores: latencia y contagioso; el caso fuente y sus contactos; la prevalencia de la infección en la población; la susceptibilidad individual; la exposición a los factores de riesgos, la transmisión y el *pool* de contactos entre la población en riesgo, etc.

Contagioso asintomático. Véase **Portador**

Contagioso sintomático. Véase **Infecioso o Infectado**

Contaminación² Presencia de cualquier agente o material infeccioso o tóxico en la superficie corporal de una persona o animal, en un producto preparado para el consumo o en otros objetos inanimados, incluidos los medios de transporte, que puede constituir un riesgo para la salud pública.

Cuarentena² Restricción de las actividades y/o la separación de los demás de personas que no están enfermas, pero respecto de las cuales se tienen sospechas, o de equipajes, contenedores, medios de transporte o mercancías sospechosos, de forma tal que se prevenga la posible propagación de la infección o contaminación.

Curva epidémica¹ Es la representación gráfica de la distribución del número de casos respecto al tiempo de aparición. Mide el número de personas que desarrolla signos y síntomas de la enfermedad por unidad de tiempo. Estos casos no son necesariamente todos los casos nuevos de la enfermedad, son los casos detectados por los diferentes sistemas de vigilancia. Siempre habrá casos no detectados. Por esta razón podemos definir dos tipos de curvas: una **curva epidémica observada** que es a que se utiliza en vigilancia por ejemplo, en un brote o la red de médicos centinelas y la **curva epidémica no observada** que son casos de enfermedad no detectados por el sistema que pasan a ser contagiosos asintomáticos o portadores en su caso (Véase **Portadores**)

El análisis de la dimensión tiempo es enormemente importante en el estudio de una epidemia ya que indica, en primer lugar, su evolución; en segundo lugar, aporta información acerca de la posible fecha de exposición; en tercer lugar, permite identificar las generaciones de casos que ha producido el brote. Cuando la curva epidémica presenta una sola onda y el rango de días se corresponde a un periodo y medio del periodo de incubación estamos ante un brote por exposición única;

Cuando la curva epidémica supera este rango temporal, o presenta una forma bimodal o trimodal significa que la exposición se mantiene o que estamos ante una fase de transmisión persona a persona, es decir ante la presencia de casos secundarios, terciarios, etc.. En este caso la curva puede tener 2 tipos de desviación: a la izquierda, cuando la transmisión se inicia persona a persona hasta que se produce una exposición masiva; y a la derecha, cuando la exposición general va seguida de transmisión persona a persona con la aparición de una o más generación de casos.

Cuando la exposición se mantiene durante un periodo de tiempo prolongado la curva epidémica mantiene una meseta cuya longitud está en relación con la duración de la exposición.

Descontaminación² Procedimiento mediante el cual se adoptan medidas sanitarias para eliminar cualquier agente o material infeccioso o tóxico presentes en la superficie corporal de una persona o animal, en un producto preparado para el consumo o en otros objetos inanimados, incluidos los medios de transporte, que pueda constituir un riesgo para la salud pública. Ver **contaminación**.

Desinfección. Véase Infección

Desinsectación² Procedimiento mediante el cual se adoptan medidas sanitarias para controlar o eliminar insectos vectores de enfermedades humanas en equipajes, cargas, contenedores, medios de transporte, mercancías o paquetes postales.

Desratización² Es el procedimiento mediante el cual se adoptan medidas sanitarias para controlar o matar los roedores vectores de enfermedades humanas presentes en los equipajes, cargas, contenedores, medios de transporte, instalaciones, mercancías o paquetes postales en el punto de entrada.

Diagramas causales o diagramas de influencias. El diagrama causal de un **modelo** es la representación gráfica de las relaciones entre las variables. Los diagramas causales se denominan así porque cada enlace tiene una interpretación causal⁶⁶.

Los diagramas causales se utilizan ampliamente en investigación de *sistemas expertos*. En estos sistemas hay una necesidad ineludible de validar reglas formales que permitan a los autómatas deducir correctamente la presencia o ausencia de relaciones causales a partir de datos disponibles e información nueva. La consecuencia de esta investigación ha sido el desarrollo de una teoría formal para evaluar efectos causales utilizando el lenguaje de los diagramas causales. Asimismo, estos diagramas sirven para identificar variables que se comporten dentro del modelo como variables de interacción o confusión⁶⁷

Los diagramas causales nos sirven para determinar si las suposiciones del modelo disponible son suficientes para identificar relaciones causales en datos no experimentales. Si esto fuera así, a partir del diagrama se deducirían las expresiones matemáticas de dichas relaciones. En caso contrario, estos diagramas nos servirían para sugerir la necesidad de realizar observaciones o experimentos adicionales. Los resultados de los estudios deben basarse en las suposiciones reseñadas en los diagramas causales y a veces éstas no pueden ser verificadas en estudios observacionales⁶⁸.

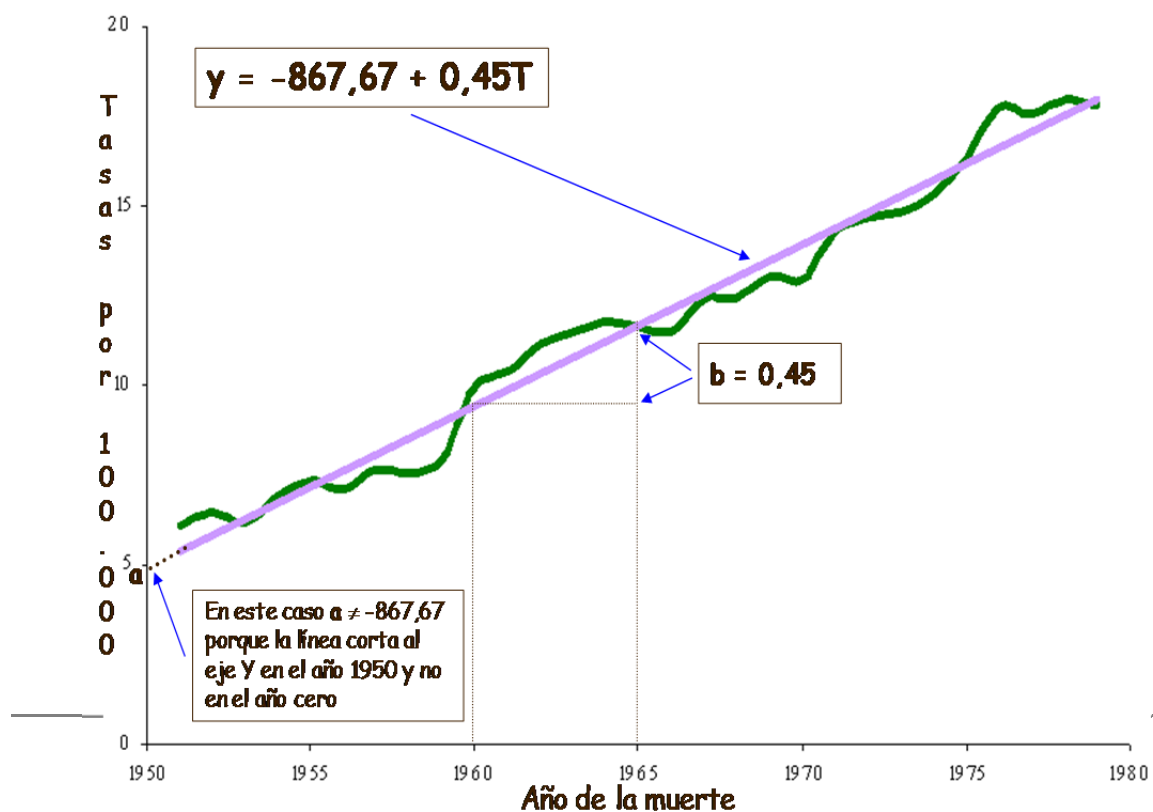
El diseño de un diagrama causal no es un hecho neutro sino que en él influyen nuestras presuposiciones, estrategias, perspectivas e ideas fijas, que nos sirven para guiar nuestros actos, explicar procesos de causa y efecto cuando lo vemos y dotar de significado a nuestra experiencia (modelos o mapas mentales)

Al diseñar un diagrama causal tenemos que tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. No debe presumirse que la misma estructura genere siempre el mismo comportamiento.
2. Deben indicarse los aplazamientos temporales que sean importantes en comparación con el resto del diagrama.
3. El punto más lento determinará la velocidad global del sistema, y será inútil acelerar el ritmo de los demás para deshacer el cuello de botella⁴⁵

4. Cuando diseñemos diagramas causales hay que emplear elementos que sean fácilmente caracterizables por números⁵⁴.
5. No se debe emplear el tiempo como un factor causal⁵⁴.
6. Debemos distinguir entre los conceptos de correlación e influencia. La correlación, que implica la existencia de una estructura causal simple (relaciones unívocas entre variables), es una medida de la dependencia existente entre variables aleatorias (estadísticas). Por su parte la influencia (hecho de producir sobre otros ciertos efectos) implica la existencia de una estructura causal compleja donde se establecen cadenas cerradas de relaciones causales. Solo debemos utilizar aquellas relaciones en las que pensemos pueda haber una influencia de una variables con otra⁶⁹.
7. Un aspecto básico a tomar en consideración cuando diseñemos un diagrama causal es el de definir y estudiar los bucle o lazos de realimentación (*feedback*): realimentación de compensación y realimentación de refuerzo. Es la existencia de estos bucles de realimentación lo que determina un comportamiento peculiar para cada sistema dinámico. La simple existencia de relaciones de causa a efecto, sin bucles de realimentación, no da lugar a ninguna forma de comportamiento peculiar por parte del sistema, el cual se limita a realizar una función según una relación causal determinada. Es lo que se denomina una estructura causal simple y es lo que se hace en los modelos estadísticos. Es la existencia de bucles en el interior del sistema lo que determina las normas propias de comportamiento del mismo, que pueden no guardar aparente relación con el comportamiento que cabría de esperar del sistema si estos bucles interiores no existieran. A esto se denomina estructura causal compleja⁵⁴.

Dinámica⁵⁸. La dinámica describe la evolución en el tiempo de un sistema físico en relación con las causas que provocan los cambios de estado físico y/o estado de movimiento. El objetivo de la dinámica es describir los factores capaces de producir alteraciones de un sistema físico, cuantificarlos y plantear ecuaciones de movimiento o ecuaciones de evolución para dicho sistema de operación. Veamos un ejemplo,



En esta figura observamos la evolución en el tiempo (dinámica) de un sistema físico (en este caso mortalidad por cáncer de mama en mujeres en España) en relación con las causas que provocan los cambios de estado físico y/o estado de movimiento (en nuestro caso el año de fallecimiento, tiempo, 1951-1980) El objetivo de la dinámica es describir los factores capaces de producir alteraciones de un sistema físico, cuantificarlos y plantear ecuaciones de movimiento o ecuaciones de evolución para dicho sistema. En nuestro caso estudiamos la evolución temporal a través de la ecuación de la recta ($y = -867,67 + 0,45t$) y la tasa de crecimiento a partir del valor de la pendiente de la recta ($b = 0,45$)

Eficacia⁹ Es el grado en que una intervención, procedimiento, régimen o servicio determinados realizada en condiciones ideales produce un resultado beneficioso. La determinación de la eficacia se basa en los resultados de un ensayo clínico controlado aleatorio.

Eficacia vacunal. Véase *Vacunación*.

Efectividad⁹ Es una medida del grado en que una intervención, procedimiento, régimen o servicio determinados produce un resultado beneficioso cuando se lleva a cabo en poblaciones bajo circunstancias habituales. Es una medida del grado en que una intervención de asistencia sanitaria cumple sus objetivos en la práctica.

Eficiencia⁹ Mide los efectos o resultados finales alcanzados en relación con el esfuerzo realizado en términos de dinero, recursos y tiempo. El grado en que se reducen al mínimo los recursos utilizados para proporcionar una intervención específica, procedimiento, régimen o servicio de la eficacia y la efectividad conocida. Una medida de la economía (o costo en recursos) con la que un procedimiento de eficacia y efectividad conocida se lleva a cabo.

Enfermedad. Véase *Persona enferma*

Endemia^{3, 5} Presencia continua de una enfermedad o un agente infeccioso en una zona geográfica determinada. También puede denotar la prevalencia usual de una enfermedad particular en dicha zona. Para que una endemia ocurra debe darse estas características: 1. Llegada de nuevos susceptibles a la población por nacimiento o por inmigración. 2. La enfermedad no produce inmunidad o ésta es muy corta.

Enfoque sistémico. Véase *Teoría General de Sistemas*

Epidemia³ Manifestación, en una comunidad o región, de casos de una enfermedad con una frecuencia que exceda netamente de la incidencia normal prevista. El número de casos que indica la existencia de una epidemia varía con el agente infeccioso, el tamaño y las características de la población expuesta, su experiencia previa o falta de exposición a la enfermedad, y el sitio y la época del año en que tiene lugar. Por consiguiente, la epidemividad guarda relación con la frecuencia común de la

enfermedad en la misma zona, entre la población especificada y en la misma estación del año. La aparición de un solo caso de una enfermedad transmisible que durante un lapso prolongado no había afectado a una población, o que invade por primera vez una región en la que no había sido diagnosticada anteriormente, requiere la notificación inmediata y una investigación epidemiológica. La presentación de dos casos de una enfermedad de esa naturaleza en los que exista una relación de lugar y tiempo constituye una prueba suficiente de transmisión para que se la considere como epidémica

Los **criterios de definición** de una epidemia son¹:

Cuantitativos

Magnitud, se valora el incremento simple de casos en un tiempo y un territorio.

Estadístico, cuando este incremento es significativo desde una perspectiva estadística.

Cualitativos:

Específico, se identifica a partir de la existencia de casos con características comunes, tales como la etiología (epidemiología molecular), edad, lugar, ocupación, etc.

Operativo, se basa en la identificación de casos relacionados con la misma fuente de infección. Para ello se valora el periodo de incubación (2 ó más casos que aparecen en un territorio y en un tiempo inferior al período de incubación); o el de generación (2 o más casos expuestos a un caso fuente durante el periodo contagioso).

Incidentes, se considera que la exposición aguda a una alteración ambiental, a un tóxico o a otro producto que dañe a la salud, producida de forma accidental debe ir seguida de la identificación de la cohorte expuesta y su vigilancia.

Importado, cuando el caso procede de un territorio en el que existe la enfermedad y ésta no existe en el lugar donde enferma. Lo más importante es identificar la existencia de transmisión local.

Esperanza de vida⁹ Es el número medio de años de vida que se espera que tenga un individuo de una determinada edad si se mantiene constante la tasa de mortalidad de esa edad. Se pueden realizar diversas estimaciones: esperanza de vida al nacer, esperanza de vida a una determinada edad, esperanza de vida desde que se desarrolla una enfermedad,... Es el inverso de la **tasa de mortalidad** (véase).

Evento. Véase *Persona enferma*

Factores de riesgo⁹ 1. Un aspecto de la conducta personal o estilo de vida, una exposición ambiental, o una característica innata o heredada que, sobre la base de la evidencia científica, se sabe que está asociado significativamente con condiciones relacionadas con la salud. 2. Un atributo o exposición que se asocia con una mayor probabilidad de aparición de un determinado resultado como la ocurrencia de una enfermedad. No es necesariamente un factor causal: puede ser un marcador de riesgo. 3. Un determinante que puede ser modificado por la intervención, reduciendo así la probabilidad de ocurrencia de la enfermedad u otros resultados. Puede referirse a un factor de riesgo modificable, y lógicamente debe ser una causa de la enfermedad.

Factores de protección⁹ Son aquellas exposiciones que se piensa que protegen contra una enfermedad u otro evento.

Frecuencia de picada por mosquito hembra. Véase *Ciclo gonadotrófico*.

Fuerza de la infección. Véase *Casos nuevos*

Generación, tiempo. Véase *Tiempo de generación*

Generaciones de transmisión. Véase *Tiempo de generación*

Hazard rate. Véase *Casos nuevos*

Historia Natural de la enfermedad. Son las interacciones que existen entre los determinantes (agente, huésped y medioambiente) y distribución de estados o eventos relacionados con la salud en poblaciones específicas (tiempo, lugar y persona) Estas interacciones nos explica el **por qué aparecen o no aparecen** casos de un problema de salud en una determinada comunidad. La comprensión de la historia natural de la enfermedad nos servirá para promover, proteger y restaurar la salud en las poblaciones. Los elementos que al interactuar aumentan la probabilidad de que aparezca una enfermedad se denominan **factores de riesgo**. Por el contrario lo que disminuyen la probabilidad de que aparezca se denominan **factores de protección**. De los distintos elementos que se describirán a continuación ninguno es un factor de riesgo o protección *per se*. Que sea una cosa u otra dependerá de la forma en la cual interactúen con otros elementos.

A continuación vamos a ver con detalle los distintos elementos que forman parte de los determinantes y la distribución de las enfermedades. Estos elementos nos servirán para modelar la historia natural de las enfermedades transmisibles y no transmisibles.

a) En la siguiente lista están mezclados los elementos de ambos tipos de enfermedades para que el lector tenga una visión global de las mismas.

b) Algunos elementos no están claramente explicitados al ser muy numerosos y no haber consenso cuáles son por ejemplo los relacionados con el medioambiente.

c) Sin embargo, otros sí, los indicamos en **negrita cursiva** y se desarrollan en este glosario.

d) Por motivos didácticos se han clasificados las diferentes características en ocho grupos. Pero somos conscientes de que muchas de ellas pueden aparecer simultáneamente en varios grupos. Algunos elementos son comunes a ambos tipos de enfermedades. Por ejemplo, hablamos de epidemia de gripe o epidemia de obesidad. Otros son específicos de alguna de ellas. Por ejemplo, la capacidad vectorial y el índice de antropofilia son específicos de enfermedades transmitidas por vectores.

e) Para algunos elementos es difícil establecer en qué categorías se encuadran. En este caso hemos optado por incluirlo en varias. Al diseñar los distintos modelos observará cuando se utilizan unos y otros.

1.- **Agente.** Es un factor cuya presencia, excesiva presencia o relativa ausencia es esencial para que aparezca la enfermedad. Una enfermedad puede tener un solo

agente, un número de agentes alternativos independientes (al menos uno de los cuales debe estar presente) o un complejo de dos o más factores cuya presencia combinada es indispensable para el desarrollo de la enfermedad. Los agentes se pueden clasificar en:

- a) Elementos nutritivos: excesos, deficiencias
- b) Agentes químicos: tóxicos, alérgenos, drogas y medicamentos
- c) Agentes físicos: radiaciones ionizantes, accidentes
- d) Agentes infecciosos: bacterias, hongos, virus, parásitos.

Al modelar las características del agente apartado debemos tener en cuenta estos elementos:

Capacidad vectorial

Ciclo vital del mosquito

Contagio

Contaminación

Duración del ciclo gonotrófico

Índice de antropofilia

Infección

Infección nosocomial

Infestación

Macroparásitos

Microparásitos

Medidas de asociación

Medidas de efecto

Medidas de impacto

Período de incubación extrínseco

Período de incubación intrínseco

Período de latencia

Período contagioso o de transmisibilidad / infecciosidad

Probabilidad contacto efectivo

Transmisión de agentes infecciosos

Virulencia

2. ***Huésped***. En un contexto epidemiológico, el huésped puede ser la población o grupo o el individuo. Las características biológicas, sociales y de comportamiento del grupo relevantes para la salud se denominan *factores del huésped*. Entre estos factores tenemos la edad, el sexo, nivel socioeconómico, atributos hereditarios, genes, condiciones fisiológicas, higiene personal, contacto interpersonal,... Elementos principales del huésped:

Caso: incidentes, prevalente, índice, primario, secundario,...

Esperanza de vida

Infeccioso o infectado

Patrones de contactos

Persona enferma

Probabilidad contacto efectivo

Probabilidad de transmisión

Reservorio

3. **Medioambiente.** Lo forman un grupo de factores, denominados factores extrínsecos al huésped, que influyen, aumentando la susceptibilidad o la exposición, sobre el estado de salud de las poblaciones. Estos factores se pueden clasificar en:

a) *Ambiente físico: geología, clima.*

b) *Ambiente biológico:*

- Poblaciones humanas: densidad de población.
- Flora: fuente de alimentos, influye sobre los vertebrados y artrópodos como fuente de agentes.

- Fauna: fuente de alimento, huéspedes vertebrados, artrópodos vectores

c) *Ambiente socioeconómico:*

- Ocupación: exposición a agentes químicos.
- Urbanización y desarrollo económico.
- Desastres: guerras, inundaciones.

4. **Tiempo.** Debemos prestar atención a estas cuestiones. ¿Está aumentando o disminuyendo la incidencia o mortalidad de las enfermedades? ¿La enfermedad que estamos estudiando aparece en forma de ciclos? ¿La enfermedad existía en nuestro medio? ¿Estamos ante un brote, epidemia o endemia? ¿Cuánto tarda en aparecer una enfermedad? Algunas enfermedades presentan variaciones en su recurrencia a lo largo del tiempo. Las tasas de incidencia del cáncer de mama en mujeres están aumentando en los países desarrollados. La meningitis meningocócica presenta variaciones cíclicas polianuales. La gripe presenta ciclos anuales. La incidencia y mortalidad de las enfermedades cardiovasculares está aumentado. Lo mismo ocurre con las infecciones de transmisión sexual. Elementos principales a estudiar respecto al tiempo:

Curva epidémica

Canal o corredor endémico

Período de inducción o período prepatogénico

Período de incubación

Período de latencia

Período de expresión o clínico

5. **Lugar.** ¿Se distribuyen homogéneamente las enfermedades en todos los lugares (regiones, países, continentes)? ¿Se observan agrupamiento de casos? ¿Aparecen casos en alguno lugares y en otros no? ¿Se observa algún patrón geográfico- temporal? La distribución geográfica de las enfermedades rara vez es homogénea: el paludismo es más frecuente en los trópicos, la distribución geográfica de los distintos tipos de enfermedades cardiovasculares cambia de un país a otro, la mortalidad por cualquier tipo de cáncer es diferente en zonas dentro de un mismo país y en diferentes países, etc. Están apareciendo nuevas enfermedades en lugares donde no existían o donde ya estaban erradicadas. La forma en la que aparecen los casos de enfermedad en las poblaciones son:

Agregación temporo-espacial

Brote epidémico

Endemia

Epidemia

Pandemia

6. **Persona.** La enfermedad ¿Afecta a ambos sexos por igual? ¿Afecta por igual a todas las edades? ¿Afecta por igual a diferentes grupos étnicos y/o religiosos? ¿Se observan diferencias según el nivel socioeconómico? Al estudiar la forma de aparición y distribución de las enfermedades observamos que no afectan a todas las edades ni a ambos sexos por igual. La meningitis meningocócica es más frecuente en niños que en adultos. La enfermedad de Alzheimer es más frecuente en los ancianos. Las enfermedades cardiovasculares son más frecuentes, antes de los 50 años, en los hombres que en las mujeres. Hay grupos de mujeres que se ven más afectadas por el cáncer mama, cuello uterino... En las poblaciones existen varios tipos de personas o animales que interactúan entre ellos que se pueden clasificar como:

Contagiosos asintomáticos / Portadores

Contagiosos sintomáticos / Infecciosos

Fallecidos

Inmunes / Recuperados

Latentes

Susceptibles

7. Desde el punto de vista de la **enfermedad** hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

Contagiosidad

Duración

Incidencia.

Incidencia acumulada

Método actuarial

Número reproductivo básico

Período clínico o de expresión

Período de incubación

Periodo de latencia

Prevalencia: puntual y de período.

Tasa de ataque

Tasa de ataque secundario

Tasa de letalidad

Tasa de morbilidad

Tasa de mortalidad

Tasa o densidad de incidencia

Tiempo de generación

Umbral de inmunidad en grupo

Umbral epidémico

8. Desde el punto de vista de control y prevención de las enfermedades debemos tomar en consideración los siguientes aspectos

Medidas de prevención primaria:

Aislamiento

Cuarentena

Descontaminación

Desinfección

Desinsectación

Vacunación

Medidas de prevención secundaria:

Cribado

Eficacia

Efectividad

Eficiencia

Sensibilidad

Especificidad

Valor predictivo de la prueba positiva

Valor predictivo de la prueba negativa

Medidas de prevención terciaria

Historia natural de las enfermedades transmitidas de persona a persona ^{1,3,7,10} . Para poder entender el porqué aparecen y como se extienden los casos de una enfermedad transmisible en una población debemos tener en mente que en una comunidad están interactuando constantemente varios grupos de poblaciones. A saber:

- 1 Susceptibles**
- 2 Latentes o infectados**
- 3 Contagiosos sintomáticos o infecciosos**
- 4 Contagiosos asintomáticos**
- 5 Recuperados/inmunes**
- 6 Portadores**
- 7 Fallecidos**

Susceptibles Hay que tener en cuenta que no toda la población es susceptible de desarrollar una enfermedad. La estimación de tamaño de la población susceptible es una de las principales limitaciones que nos encontramos cuando queremos modelizar y simular el comportamiento de una enfermedad. El número de susceptibles en una población puede aumentar por dos razones.

1. Aumento de población debido a inmigraciones y al crecimiento vegetativo de la población
2. Pérdida de la inmunidad en aquellas personas que han pasado la enfermedad, bien porque la enfermedad no produce inmunidad permanente, bien porque existen enfermedades que disminuyen la inmunidad de los individuos afectados o bien porque las medidas de prevención primaria establecidas, por ejemplo las vacunas, no son cien por cien efectivas.

El número de susceptibles puede disminuir por las siguientes razones.

1. Vacunación. En este caso la persona pasa de ser susceptible a ser inmune. Este paso depende de:
 - Cobertura vacunal.
 - Efectividad de la vacuna.
 - Tiempo necesario tras la vacunación para que la vacuna tenga pleno efecto.
2. Fallecimientos
3. Emigraciones
4. Desarrollo de la enfermedad

El número de personas que pasan de ser susceptibles a ser latentes por unidad de tiempo depende del tipo de enfermedad y de la actuación de los determinantes de la enfermedad, es decir de las características del agente, huésped y medioambiente que se engloba en lo que denominamos **factores de riesgo** como el fumar, comer en exceso, el sedentarismo, mantener relaciones sexuales sin protección, etc. Así mismo dependen de los factores que previenen la aparición de la enfermedad como por ejemplo, favoreciendo el ejercicio, prohibiendo fumar en lugares públicos, vacunando a la población infantil, utilizando preservativos, etc. Estas medidas que utilizamos para *disminuir el riesgo* de desarrollar la enfermedad se denominan **medidas de prevención primaria**.

Los valores de estos factores de riesgo y de protección los podemos estimar a partir de las medidas de impacto que podemos calcular a partir de los valores del riesgo relativo y de la odds ratio de los estudios observacionales: la **proporción atribuible en la población, attributable fraction (population)**, que es la proporción de enfermedad que se reduciría en TODA la población si la exposición fuera eliminada y la **proporción de la enfermedad prevenida en la población, prevented fraction (population)**, que es la proporción de enfermedad que ha sido prevenida por la exposición en TODA la población.

Latentes o infectados. Los susceptibles pasan a formar parte del grupo de latentes o infectados. *¿Cómo podemos averiguar el número de personas que pasan a ser latentes desde el grupo de susceptibles en cada momento?* Este flujo número depende en primer lugar del número de susceptibles que exista en la población. A mayor número de susceptibles mayor número de personas que pasaran de un grupo a otro. También depende de la *tasa instantánea de incidencia, hazard rate o fuerza de la infección* que se representa con la letra griega lambda que mide la incidencia *per capita* por individuo susceptible

A su vez la fuerza de la infección depende de: **la tasa de contagio o coeficiente o probabilidad de transmisión** que representa con la letra griega beta y de la **prevalencia** de la enfermedad.

La tasa de contagio (beta), depende de: *el número de contactos persona-persona* y de la *probabilidad contacto efectivo*. Bajo estas suposiciones la incidencia de una infección podrá aumentar por dos razones: o porque aumente el número de contacto persona a persona o porque aumente la probabilidad de contacto efectivo^{5,7}.

En este contexto existen dos tipos de prevalencia: la *prevalencia observada* y la *prevalencia real*. La prevalencia real incluye en el denominador a los contagiosos sintomáticos y a los contagiosos asintomáticos (más adelante desarrollaremos estos conceptos) Este último grupo, de número desconocido, es muy importante ya que aunque no tienen ni signos ni síntomas son capaces de contagiar a otras personas. Debido a la existencia del grupo de asintomáticos el valor de esta prevalencia normalmente es desconocido. Por los que se suele utilizar como estimador a la Prevalencia observada que es la que realmente se observa ya que se incluyen solamente a los contagiosos sintomáticos en el denominador. Para más detalle, véase **Casos nuevos**

Las personas que salen del grupo de latentes o infectados pueden seguir dos caminos:

- **Contagiosos sintomáticos.** Desarrollan una enfermedad infecciosa con signos y síntomas. El número de personas que pasan del grupo de latentes al grupo de

contagiosos sintomáticos por unidad de tiempo son las que detectan los sistemas de vigilancia, por ejemplo la red de médicos centinelas en el caso de la gripe, y se utilizan para la realización de las curvas epidémicas. La representación gráfica de este flujo se denomina curva epidémica.

- **Contagiosos asintomáticos**, es decir desarrolla una *enfermedad o infección no manifiesta* (o infección inaparente, asintomática o subclínica. Una infección no manifiesta puede ser contagiosa (3) Este grupo tiene una gran significado epidemiológico ya que los huéspedes infectados, aunque aparentemente se encuentran bien, sirven de diseminadores de la enfermedad de forma silente o inaparente.

El flujo de personas que pasan desde el estado de latentes o infectados al de contagioso (sintomático o asintomático) depende de la duración del **periodo de incubación**. No hay que confundir el periodo de incubación (que es una característica del agente) con el **periodo de latencia o periodo latente** (que es una característica del huésped). Si el período de incubación y el de latencia son iguales la enfermedad se transmite durante el período clínico (contagiosos sintomáticos) Si el período de latencia es menor que el de incubación, entonces el contagio se inicia antes de los primeros síntomas y tiene una duración variable según la enfermedad, finalizando a los pocos días del inicio de la enfermedad o con la curación clínica, según la enfermedad¹

Las personas que se encuentran en la situación de latentes o infectados o en el estado de contagiosos asintomáticos se detectan a partir de las **prueba de cribado** como mamografías, prueba de Papanicolau para detectar el carcinoma de cérvix in situ, prueba del talón para detectar la fenilcetonuria y el hipotiroidismo en recién nacidos, prueba del ELISA para el VIH, revisiones dentales para detectar caries, control de la tensión arterial, etc. Este tipo de medidas que podemos adoptar para detectar la enfermedad de forma asintomática se denominan **medidas de prevención secundaria**. El éxito de una prueba de cribado lo podemos medir a través de la **eficacia, la efectividad y la eficiencia**.

El número de personas que pasan del grupo de contagiosos asintomáticos o contagiosos sintomáticos al grupo de recuperados por unidad de tiempo depende del número de personas en ambos estados y de la duración del **periodo contagioso o infecciosidad**

Si el periodo contagioso (que es una característica del agente) dura más que el periodo clínico (que es una característica del huésped) la capacidad de contagio se alarga en el tiempo. Esto implica que el alta clínica no se corresponde siempre con el alta epidemiológica.

La recuperación implica:

- a) el desarrollo de inmunidad permanente por parte del huésped que ya no puede volver a desarrollar la enfermedad.
- b) el desarrollo de una inmunidad parcial por lo que el huésped vuelve a ser susceptible al cabo del tiempo.

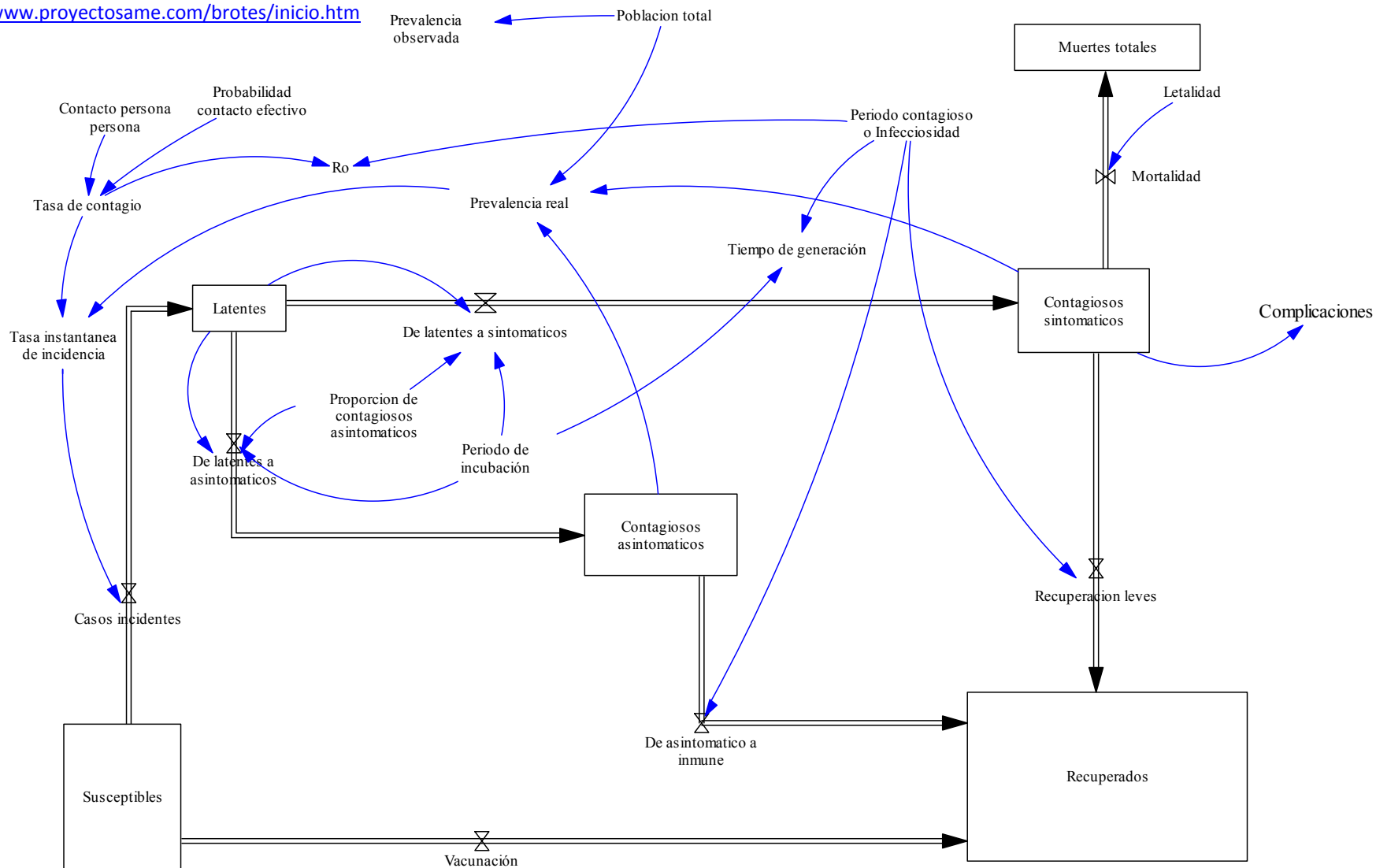
A partir de la información sobre la historia natural de las enfermedades transmisibles descrita podemos estimar cinco indicadores muy importantes para completar el espectro de este tipo de enfermedades:

1. **Número reproductivo básico (R_0)**
2. **Umbral epidémico**
3. **Umbral de la inmunidad en grupo**

4. *Tiempo de generación*

5. *Generaciones de transmisión*

A continuación exponemos un esquema general de la historia natural de las enfermedades transmisibles.



Esquema general de la historia natural de las enfermedades transmitidas persona a persona. No se indican todos los elementos descritos anteriormente

Con este modelo podemos entender el comportamiento dinámico que tiene un brote o una epidemia en una comunidad y que fue descrito por William Ogilvy Kermack (1898 – 1970) y Anderson Gray McKendrick (1876 – 1943).

1. Uno o más personas infectadas llegan a una comunidad de individuos más o menos **susceptibles** a la enfermedad en cuestión
2. La enfermedad se extiende desde las personas afectadas a las no afectadas por diversos mecanismos. Véase **Modos de transmisión**
3. Cada persona infectada sigue su propio curso de la enfermedad hasta que se recupera o fallece.
4. La posibilidad de recuperarse o fallecer varían día a día durante el curso de su enfermedad.
5. La posibilidad de que un afectado pueda transmitir a un no afectado su enfermedad depende del estadio de su enfermedad.
6. Conforme la epidemia se extiende se va reduciendo el número de no afectados por la misma.
7. Ya que la duración de una epidemia es corta comparada con la esperanza de vida de los individuos la población se puede considerar constante excepto si la enfermedad tuviera una alta **letalidad**.
8. Con el tiempo la epidemia termina. Desde el punto de vista de la epidemiología la terminación de una epidemia es muy importante porque hay que valorar si esta terminación es debida al agotamiento de la población de susceptibles o es debida a la interacción de varios factores como **la infectividad, la recuperación y la muerte** que hace que la **epidemia** termine mientras que en la población permanece una bolsa de susceptibles.
9. Se sabe que una epidemia no necesariamente termina por el agotamiento de la población de susceptibles. Sabemos que por cada conjunto de tasas de mortalidad, recuperación e infectividad existe un umbral de densidad crítico de la población. Si la densidad de la población es igual o está por debajo de este umbral (**Umbral epidémico**) la introducción de una o más personas infectadas entre la población susceptible no conlleva la aparición de una epidemia, mientras que si esta densidad está un poco por encima de este umbral aparece una pequeña epidemia. El tamaño de la epidemia se incrementa rápidamente conforme este umbral es sobrepasado de tal manera de que si la densidad de la población es muy alta al principio de la epidemia al final de la misma esta densidad será menor al final.
10. El aumento de susceptibles en una comunidad puede deberse a dos razones: a) la enfermedad no produce inmunidad total y al cabo del tiempo la persona vuelve a ser susceptible; b) hay un flujo migratorio en la comunidad y aumenta el número de susceptibles. Estos dos aspectos traen como consecuencia que la situación epidémica se convierte en una situación endémica.

Historia natural de la enfermedad transmitida por vectores^{2, 9, 22} Un vector es todo insecto u otro animal que normalmente sea portador de un agente (parásito) infeccioso de un individuo infectado o sus desechos a un individuo susceptible, sus alimentos o su entorno inmediato. El agente infeccioso puede o no puede pasar a través de un ciclo de desarrollo dentro del vector. Constituyen un riesgo para la salud pública. Los vectores transmiten parásitos no enfermedades.

El grado de contacto entre el huésped vertebrado y el vector va desde intermitente (mosquito), a íntimo (piojo). Frecuentemente el huésped provee no sólo alimento en forma de sangre y otros tejidos, sino que también el hábitat o lugar donde éste vive. Un vector necesita hacer por lo menos dos alimentaciones de sangre a lo largo de su vida para transmitir un parásito; la primera para adquirir el parásito y la segunda para transmitirlo.

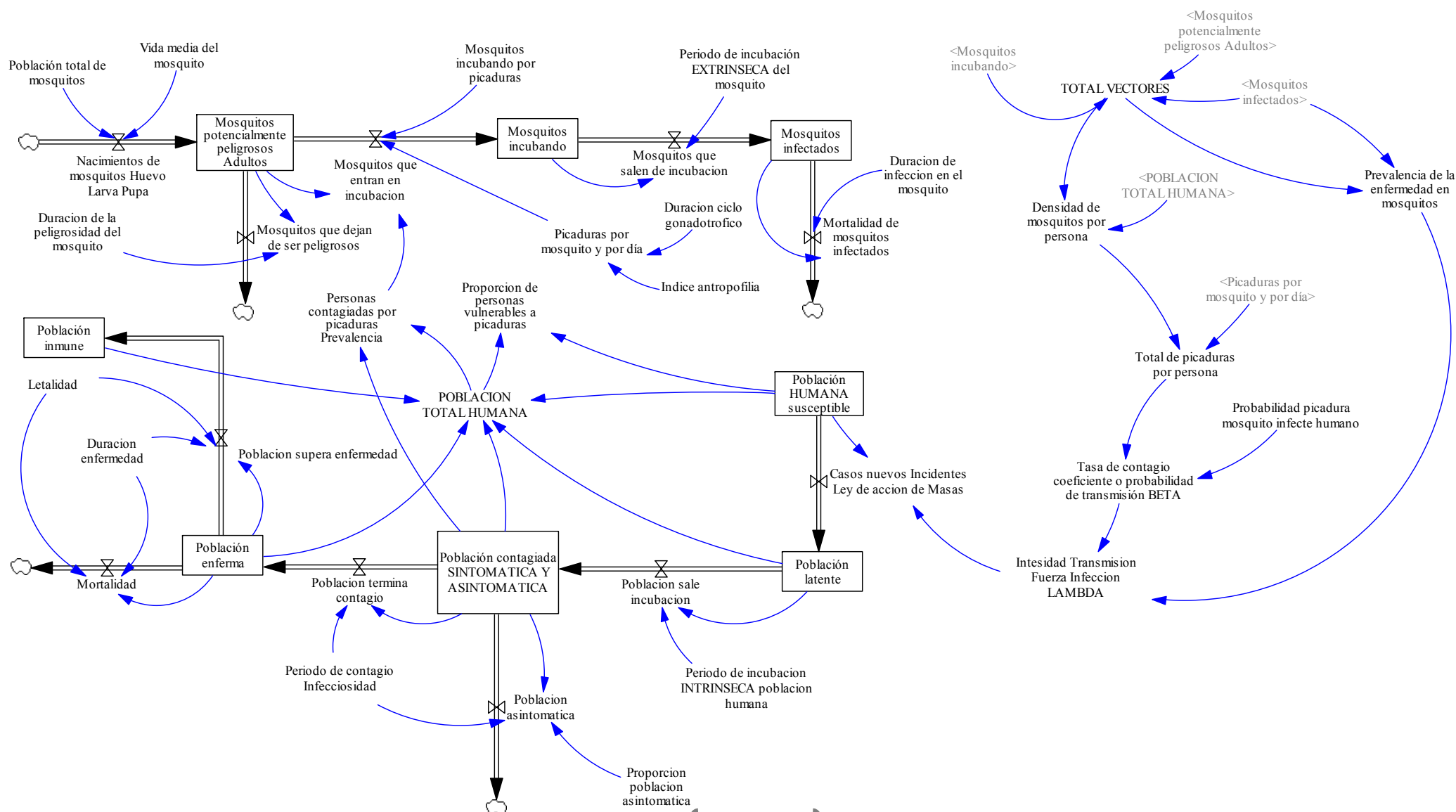
La transmisión de enfermedades a partir de vectores forma parte de lo que se denomina **competencia interespecífica**. La competencia interespecífica ocurre entre individuos de diferentes especies que comparten un recurso común en la misma área. En este caso el recurso es el territorio donde se encuentran. La competencia interespecífica puede alterar las poblaciones, las comunidades y la evolución de las especies involucradas. Este tipo de competencia puede ser beneficiosa o perjudicial. Nosotros estamos interesados en la perjudicial y específicamente en el parasitismo que ocurre cuando una especie obtiene el beneficio de otra perjudicándole o causándole algún daño. Por ejemplo: esto es lo que pasa con el mosquito, que al succionar nuestra sangre nos perjudica a nosotros mientras el mosquito se beneficia. También la picadura pueden transmitir parásitos que transmitan enfermedades tanto del humano al mosquito como viceversa. En el siguiente cuadro exponemos una relación de vectores y las enfermedades que producen. A continuación aparece un modelo de historia natural de enfermedades transmitidas por mosquitos que es fácilmente adaptable a otros tipos de vectores.

Lista de términos relacionadas con la transmisión de enfermedades que puede encontrar en este glosario: ***Antropofilia. Capacidad vectorial. Casos nuevos. Ciclo gonadotrófico. Ciclo vital de los mosquitos. Huésped. Insecticida. Macroparásitos. Microparásitos. Modelo de Ross-MacDonald. Número reproductivo básico. Parásito. Período prepatente. Período de incubación extrínseco. Período de incubación intrínseco. Tasa básica de reproducción. Tasa de inoculación entomológica.***

Vectores de enfermedad	Enfermedad que transmiten
Mosquitos	
<i>Aedes aegypti</i>	Dengue
<i>Anopheles</i>	Malaria
<i>Aedes aegypti</i> y otros mosquitos de los géneros <i>Aedes</i> , <i>Haemagogus</i> y <i>Sabethes</i>	Fiebre Amarilla
<i>Culex tritaeniorhynchus</i> , <i>Aedes vexans</i> y otros. También se transmite por otros mecanismos	Fiebre del Valle del Rift
<i>Aedes aegypti</i> - <i>Aedes albopictus</i> (Mosquito Tigre Asiático)	Fiebre de Chikungunya
Mosquitos ornitofílicos del género <i>Culex</i> (<i>C. pipiens</i> , <i>C. quinquefasciatus</i> , <i>C. nigripalpus</i> , <i>C. tarsalis</i>)	Fiebre del Nilo occidental
Mosquitos de los géneros <i>Culex</i> y <i>Aedes</i> (principalmente <i>C. tritaeniorhynchus</i> , <i>C. annulus</i> , <i>C. fuscocephala</i> y <i>C. gelidus</i>)	Encefalitis Japonesa
Flebotomos pertenecientes a los géneros <i>Phlebotomus</i> del Viejo Mundo, (Europa, África y Asia) y <i>Lutzomyia</i> en América, de la familia <i>Psychodidae</i>	Leishmaniasis
Mosquitos de las familias <i>Culicidae</i> o <i>Phlebotomidae</i> o moscas de la familia <i>Tabanidae</i>	Filariasis
Moscas negras (simúlidos <i>Simuliidae</i>) Oncocercosis (Ceguera de los ríos)	
Mosca tse-tse (género <i>Glossina</i>) Enfermedad del sueño (Tripanosomiasis Africana)	
Pulgas	
Pulga de la rata negra (<i>Xenopsylla cheopis</i>)	Peste
Pulga de la rata de alcantarilla (<i>Nosopsyllus fasciatus</i>)	Algunas fiebres por <i>Rickettsias</i> (Tifus murino o Tifus exantemático endémico)
Garrapatas	
Garrapata (<i>Hyalomma marginatum</i>)	Fiebre hemorrágica de Crimea-Congo
Es transmitida por garrapatas de las especies <i>Ixodes ricinus</i>	Enfermedad de Lyme
Garrapata <i>Ornithodoros</i>	Fiebre recurrente transmitida por garrapatas (<i>Borreliosis</i>)
Fiebre de las Montañas Rocosas: garrapata americana del perro (<i>Dermacentor variabilis</i>). Fiebre botonosa Mediterránea: garrapata del perro (<i>Rhipicephalus sanguineus</i>)	Fiebres por <i>Rickettsias</i> : Fiebre de las Montañas Rocosas, Fiebre Botonosa Mediterránea y Fiebre Q
Garrapatas (<i>Ixodes ricinus</i>)	Encefalitis por garrapatas
Garrapatas <i>Amblyomma</i> , <i>Dermacentor</i> , <i>Haemaphysalis</i> e <i>Ixodes</i>	Tularemia
Chinches	
Triatominos (<i>Triatominae</i>) principalmente <i>Triatoma infestans</i> , <i>Rhodnius prolixus</i> , <i>R. pallens</i> y <i>Triatoma dimidiata</i> . Se conoce también como: vinchuca (desde Ecuador hasta la Patagonia), chipo (Venezuela), pito (Colombia) y barbeiro (Brasil)	Enfermedad de Chagas (Tripanosomiasis Americana)
Piojos	
Piojos del cuerpo (<i>Pediculus humanus corporis</i>)	Fiebre recurrente transmitida por piojos (<i>Borreliosis</i>)

Véase Anexo XV Alertas por enfermedades emergentes y reemergentes

Historia natural de enfermedades transmitidas por mosquitos



Homeostasis. Véase *Cibernética*

Huésped³ Persona o animal vivo, incluso aves y artrópodos, que en circunstancias naturales (en comparación con las experimentales) permiten la subsistencia o el alojamiento de un agente infeccioso. Algunos protozoarios y helmintos pasan por fases sucesivas en huéspedes alternos de diferentes especies. Los huéspedes en que el parásito llega a la madurez o pasa por su fase sexual se denominan **huéspedes primarios o definitivos**; aquellos en los cuales el parásito pasa su etapa larvaria o asexual reciben el nombre de **huéspedes secundarios o intermediarios**. El huésped que sirve de vehículo es un **portador** en el cual el microorganismo permanece vivo, pero no se desarrolla.

Huésped-Parásito, relación. Véase *Huésped y Parásito*

Infección Entrada y desarrollo o multiplicación de un agente infeccioso en el cuerpo de una persona o animal que puede constituir un riesgo para la salud pública²

Infección no es sinónimo de enfermedad infecciosa; el resultado puede ser no manifiesto (**infección no manifiesta**) o manifiesto³

Infectividad³ Expresa la capacidad del agente patógeno de penetrar, sobrevivir y multiplicarse en el huésped. Se mide a través de la tasa de ataque secundario.

Tasa de infección. Es una proporción que expresa la incidencia de todas las infecciones identificadas, manifiestas y ocultas³

Infección patente. Período de tiempo durante el cual la eliminación de gérmenes disminuye hasta hacerse insuficiente para ser infeccioso²

Desinfección. Procedimiento mediante el cual se adoptan medidas sanitarias para controlar o eliminar agentes infecciosos presentes en la superficie de un cuerpo humano o animal o en equipajes, cargas, contenedores, medios de transporte, mercancías o paquetes postales mediante su exposición directa a agentes químicos o físicos²

Infección nosocomial La Organización Mundial de la Salud en su documento de *Prevención de las infecciones nosocomiales. (2003)* define las infecciones nosocomiales como “Una infección contraída en el hospital por un paciente internado por una razón distinta de esa infección. Una infección que se presenta en un paciente internado en un hospital o en otro establecimiento de atención de salud en quien la infección no se había manifestado ni estaba en período de incubación en el momento del internado. Comprende las infecciones contraídas en el hospital, pero manifiestas después del alta hospitalaria y también las infecciones ocupacionales del personal del establecimiento”

Infección patente. Véase *Infección*

Infeccioso o Infectado Persona o animal que alberga un agente infeccioso y desarrolla una enfermedad infecciosa, es decir, presenta **signos y síntomas** y la puede transmitir (en este caso se considera contagioso sintomático) Véase **Período clínico**.

Infectividad. Véase **Infección**

Infecciosidad. Véase **Periodo contagioso**

Infestación³ Se entiende por infestación de personas o animales el alojamiento, desarrollo y reproducción de artrópodos en la superficie del cuerpo o en la ropa. Los objetos o locales infestados son los que albergan o sirven de alojamiento a los animales, especialmente artrópodos y roedores.

Insecticida³ Cualquier sustancia química que se utilice para eliminar insectos, aplicada en forma de polvo, líquido, líquido atomizado, aerosol o por rociamiento; las sustancias utilizadas por lo regular poseen acción residual. **Larvicida** se emplea por lo común para designar a los insecticidas que se aplican específicamente para aniquilar las fases inmaduras de los artrópodos; **imagocida** o **adulticida** se utiliza para designar a los que se aplican para eliminar a los artrópodos maduros o adultos. El vocablo **insecticida** se utiliza a menudo en sentido amplio, y abarca las sustancias para eliminar a todos los artrópodos; la palabra **acaricida** se usa más propiamente para designar agentes que eliminan garrapatas o ácaros. A veces se utilizan expresiones más específicas, como **pediculicida** y **miticida**.

Inmune. Véase **Recuperado**

Inmunidad. Véase **Recuperado**

Isomorfismo. Véase **Teoría General de Sistemas**

Lambda. Véase **Casos nuevos**

Latente. Persona o animal que está incubando la enfermedad y no muestra ni signos ni síntomas.

Letalidad, tasa de³ Expresada por lo regular en forma de porcentaje de personas diagnosticadas de una enfermedad particular que mueren a consecuencia de esa enfermedad en un período dado. En realidad no es una tasa ya que no tiene unidades. El término se aplica con mayor frecuencia a brotes específicos de enfermedades agudas, en los cuales se ha sometido a todos los pacientes a observación ulterior, durante un período adecuado, para incluir todas las defunciones atribuibles a esa

enfermedad. La tasa de letalidad debe diferenciarse claramente de la tasa de mortalidad.

Ley de acción de masas. Véase *Casos nuevos*.

Logit. Véase *Odd*.

Macroparásitos¹⁰ Son aquellos parásitos que no tienen una reproducción directa dentro del huésped definitivo. Dentro de estas categoría se encuentran la mayoría de helmintos y ectoparásitos (artrópodos) Los macroparásitos son mayores y tienen un tiempo de generación mucho mayor que los microparásitos. Salvo excepciones, no pueden multiplicarse dentro o fuera del huésped. El tiempo de generación puede ocupar una gran parte de la vida media del huésped. La inmunidad que producen se desarrolla lentamente, es temporal y normalmente de corta duración siendo muy frecuente. Las infecciones que producen son crónicas y endémicas. Entre los macroparásitos se incluyen los parásitos tremátodos (*Schistosoma*, *Fasciola*), céstodos (*Taenia*, *Echinococcus*), nemátodos (*Ascaris*, *Trichuris*, *Necator*, *Onchocerca*), y los ectoparásitos. Para los microparásitos el periodo contagioso o infecciosidad es la duración de la enfermedad desde el punto de vista de la infecciosidad. Es decir, es el número de días que una persona enferma puede contagiar a otra y NO el número de días que dura la enfermedad desde que aparecen los síntomas hasta que cura. Para los macroparásitos es la esperanza de vida media de los parásitos adultos

Microparásitos^{10,11} Son aquellos parásitos que se reproducen directamente, normalmente con muy altas tasas, dentro del huésped. Se caracterizan por ser de pequeño tamaño y tener un período de generación corto. El huésped que se recupera de la infección normalmente adquiere una inmunidad temporal y veces permanente. La duración de la enfermedad suele ser corta en relación a la vida media del huésped. Los microparásitos incluyen los virus, bacterias y protozoos, de pequeño tamaño y con la posibilidad de multiplicarse directa y rápidamente dentro del huésped. Se estudian a través de los modelos compartimentales. Entre los microparásitos se incluyen los agentes causales de las enfermedades de la infancia prevenibles por vacunación (sarampión, polio, rubéola, entre otras), de las hepatitis virales, dengue, enfermedades de transmisión sexual incluyendo el virus de inmunodeficiencia humano, y los protozoarios causantes de la leishmaniasis, tripanosomiasis, y malaria entre otros.

Medidas de frecuencia, de asociación, de efecto y de impacto⁹

Medidas de frecuencia. Las medidas de frecuencia reflejan la aparición relativa de una enfermedad en una población. Nos sirven para saber cuál es la importancia de esa enfermedad en relación al tamaño de la población del lugar donde aparece. Las medidas de frecuencia:

- Describen el estado de salud de una población.
- Predicen la aparición de una enfermedad.
- A partir de ellas se derivan otras medidas.

Como ejemplo tendríamos la proporción de fracturas de cadera que ocurren en un grupo de personas mayores de 65 años a las cuales hemos seguido durante un periodo de 10 años.

Medidas de asociación. Son una cantidad que expresa la fuerza o grado de asociación entre variables. Las medidas de asociación más usadas son: razones, diferencias entre medias, proporciones, riesgos y coeficientes de regresión (pendiente de una recta) y de correlación.

Medidas de efecto. Son una cantidad que mide el efecto de un factor sobre la frecuencia o riesgo de un resultado de salud. Existen tres medidas de efecto: las fracciones atribuibles que miden la fracción de casos debidos al factor; diferencias de riesgo y de tasas que miden la cantidad que un factor añade al riesgo o tasa de enfermedad; y razón de riesgos y razón de tasas que miden la cantidad por la cual un factor multiplica el riesgo o tasa de la enfermedad. Estas medidas se utilizan para:

Estudiar la relación entre la exposición a factores de riesgo y la aparición de la enfermedad.

Estimar parámetros causales en poblaciones concretas.

Derivar otras medidas.

Como ejemplo tendríamos el cociente entre la proporción de personas mayores de 65 años con déficit de calcio (factor de exposición) que tienen fractura de cadera en un periodo de 10 años y la proporción de personas mayores de 65 años sin déficit de calcio que tienen fractura de cadera en un periodo de 10 años.

Las medidas de efecto pueden ser absolutas y relativas. Las medidas absolutas son la diferencia de riesgo o riesgo atribuible y la diferencia de tasas. Estas medidas solo pueden ser estimadas en los estudios de cohortes. Las medidas relativas son la razón de riesgos, la razón de tasas (ambas se conocen como riesgo relativo, RR) que se utilizan en los estudios de cohortes y la odds ratio (OR) que se utiliza en los estudios de casos y controles y de prevalencia.

Medidas de impacto. Reflejan el número extra de casos atribuibles o prevenidos por la exposición en una determinada población durante un periodo determinado de tiempo y se utilizan para: a) predecir el efecto de una intervención o cambio de la frecuencia de la enfermedad en una población; b) ayudar a realizar políticas de gestión y de salud; y c) tomar decisiones en determinadas materias sanitarias. *Un ejemplo de medida de impacto sería la proporción y el número de casos nuevos de fracturas de cadera en personas mayores de 65 años que vivían en Madrid en 1990 y que fueron atribuidas a un déficit de calcio.*

Si el RR o la OR son mayores de 1 estimamos la proporción atribuible en expuestos (PAE) y la proporción atribuible en la población (PAP) Cuando el RR o la OR son menores de 1 estimamos medidas similares denominadas Proporción de

enfermedad prevenida en los expuestos (PPE) y la proporción de la enfermedad prevenida en la población (PPP)

Modelo. Un modelo es un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un **sistema** o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país o de una epidemia, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento¹³

Los modelos científicos se construyen para desarrollar procesos de inferencia sobre ciertos aspectos de sistemas reales previamente observados. Es mediante estos procesos de inferencia, mediante la construcción y el uso de modelos científicos, como mejoramos nuestro entendimiento de los sistemas reales observados.

Los modelos se construyen mediante procesos de abstracción con el objetivo de facilitar la comprensión de ciertos aspectos de un determinado sistema real. De este modo, parte de la complejidad del sistema real se pierde—de forma intencionada—en el proceso de creación de un modelo. El proceso de abstracción para crear un modelo comienza con la observación del sistema real (incluyendo, a menudo, la recogida de datos), y termina con el diseño del modelo.

Una vez diseñado el modelo, podremos llevar a cabo procesos de inferencia deductivos para averiguar las implicaciones lógicas que se derivan de las premisas que definen el modelo. Estas implicaciones lógicas darán lugar a una serie de resultados sobre el modelo, los cuales podrán ser analizados, interpretados y aplicados al sistema real objeto de estudio

En general, las conclusiones a las que podamos llegar usando un modelo no describirán con rigurosa exactitud lo que ocurre en el sistema real (especialmente en sistemas con un alto grado de incertidumbre) El valor de un modelo no se limita necesariamente al análisis del sistema real para el cual el modelo fue diseñado. El conocimiento adquirido mediante el estudio de un determinado modelo puede trascender a otros sistemas reales cuya esencia quede capturada por la misma abstracción, incluso aunque el modelo no se desarrollase inicialmente con estos otros sistemas reales en mente⁷⁰.

El verdadero problema de la modelización radica en la creación de una estructura de modelo que sea adecuada. Para ello hay que saber qué parte de la información disponible debe utilizarse, qué relaciones son las que reflejan los modos de comportamiento característicos de los sistemas de vida real, y qué información ha de descartarse como irrelevante. Estas cuestiones deben ser abordadas creando la estructura del modelo⁷¹

Podemos clasificar los modelos en los siguientes tipos⁷².

1. *Modelos mentales.* Permiten recoger la experiencia de los especialistas en el problema correspondiente y constituyen el punto de partida los procesos de modelado.

2) *Modelos verbales*. El comportamiento del sistema se describe mediante palabras. Los sistemas expertos son ejemplos de modelos verbales formalizados.

3) *Modelos físicos*. Es una representación o copia de algún objeto de interés. Ejemplos de este tipo son las maquetas y los prototipos.

4) *Modelos matemáticos*. Las relaciones entre las cantidades que pueden ser observadas del sistema están descritas mediante relaciones matemáticas. La mayoría de las leyes de la naturaleza son modelos matemáticos. A su vez los modelos matemáticos pueden clasificarse en los siguientes tipos: deterministas y estocásticos.

4.1 *Determinista*. Un modelo matemático es determinista cuando su nuevo estado queda completamente definido a partir del estado previo y de los valores instantáneos de todas sus variables de entrada. Es decir, las relaciones de influencia entre las variables del modelo son establecidas *ad hoc* por el especialista. Los modelos de dinámica de sistemas son deterministas. También se conocen como *modelos compartimentales*. Su objetivo es describir que ocurre en la media de la población, categorizan a los individuos de una población en grandes grupos o compartimentos y describen la transición entre éstos aplicando tasas medias de transición.

Los modelos deterministas se han utilizado ampliamente porque son relativamente más fáciles de configurar que los estocásticos. Generalmente es más difícil describir qué va a ocurrir en cada individuo en una población que describir el comportamiento medio de la población. Los modelos deterministas se pueden configurar utilizando ecuaciones en diferencias o ecuaciones diferenciales.

Las ecuaciones en diferencia utilizan unidades de tiempo discretas, días, meses, años, etc., (el parámetro utilizado es el riesgo) mientras que las ecuaciones diferenciales utilizan el tiempo de forma continua (el parámetro utilizado son las tasas). En cualquier caso, si la tasa es pequeña, <10%, el riesgo y la tasa se comportan de la misma manera⁷. Un ejemplo de modelo determinista es el **Modelo SIR**

4.2 *Estocástico*. En un modelo estocástico alguna de sus variables de entrada (señal de entrada o parámetro) es aleatoria. Las variables del modelo calculadas a partir de variables aleatorias son también aleatorias. Por ello, la evolución de este tipo de sistemas se debe estudiar en términos probabilísticos. Estos modelos incorporan la variación aleatoria en el proceso de transmisión dando como resultado un rango de posibles resultados. Se utilizan cuando son importantes las fluctuaciones aleatorias o las heterogeneidades, como en el caso de poblaciones pequeñas o aisladas; es decir, son apropiados en situaciones en las cuales la varianza del resultado es importante en el comportamiento medio. Ejemplo de modelos estocásticos son el **modelo de Reed – Frost**, la distribución binomial y la de Poisson. Presenta las siguientes ventajas respecto a los modelos deterministas: 1) Son más fáciles e intuitivos de comprender cuando se puede seguir la dinámica de la enfermedad entre todos los individuos en la población en vez de colectivamente como grupo. 2) Estiman rangos en los cuales el resultado puede aparecer, teniendo en cuenta la variación del azar. Entre sus desventajas se encuentran: 1) Son complicados de diseñar. 2) Se necesitan realizar numerosas

simulaciones para que obtengamos predicciones útiles (modelos de simulación de MonterCarlo) Aplicabilidad de los modelos estocásticos: 1) Estudiar la dinámica de la infección en pequeñas poblaciones, en las cuales las variaciones aleatorias pueden influir de manera importante en los resultados 2) Estudiar el tamaño de población crítico para que la infección persista. 3) Estudiar la dinámica de las infecciones que se ven influenciadas por muchos factores y para los cuales la variación aleatoria de un factor puede influir sobre el efecto de otro factor⁷

4.3 Dinámico. Un modelo dinámico es una representación de un sistema que evoluciona con el tiempo.

4.4 Estático. Un modelo estático es una representación de un sistema en un instante de tiempo particular, o bien un modelo que sirve para representar un sistema en el cual el tiempo no juega ningún papel.

4.5 De tiempo continuo. Un modelo de tiempo continuo está caracterizado por el hecho de que el valor de sus variables de estado puede cambiar infinitas veces (es decir, de manera continua) en un intervalo finito de tiempo.

4.6 De tiempo discreto. En un modelo de tiempo discreto los cambios pueden ocurrir únicamente en instantes separados en el tiempo. Sus variables de estado pueden cambiar de valor sólo un número finito de veces por unidad de tiempo.

4.7 De variables continuas. Si todas las variables de estado del modelo pueden tomar cualquier valor intermedio en sus respectivos rangos de variación, se dice que el modelo es de variables continuas.

4.8 De variables discretas. En cambio si las variables de estado están cuantificadas o sólo pueden tomar ciertos valores, pertenecientes a un conjunto finito de valores, se dice que el modelo es de estados o eventos discretos.

Una **simulación** es la investigación mediante una técnica numérica, normalmente en un ordenador, de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo utilizando modelos⁶³.

El comportamiento de un modelo de simulación está determinado por las ecuaciones que gobiernan las relaciones entre las diferentes variables. Los modelos de simulación unen/enlazan una relación algebraica a todas las variables que aparecen en el diagrama causal⁶⁶

La construcción de un modelo para simulación informática requiere el análisis del sistema que se va a modelar, para decidir, en primer lugar, que partes son relevantes para tener una descripción significativa. Una vez decididas las partes relevantes hay que establecer los mecanismos que las interrelacionan; es decir, hay que postular como se integran para dar lugar al sistema. Mediante el computador es posible generar el comportamiento de esas partes (resultado del análisis) articuladas mediante el mecanismo de integración (consecuencia de la síntesis). Ese comportamiento deberá ajustarse al observado en la realidad. De este modo se tienen metodológicamente articulados análisis, síntesis y constatación empírica⁴⁷

Modelo ecológico complejo. Véase **Sistema**

Modelo Logit. Véase **Odds**

Modelo de Reed-Frost^{7,9}. Es un modelo matemático de enfermedades transmisibles infecciosas y de inmunidad de grupo. Fue desarrollado en la década de los años 20 del siglo XX por Lowell Reed (1886-1966) y Wade Hampton Frost (1880-1938) La forma es la siguiente:

$$\lambda_t = 1 - (1 - p)^{I_t}$$

Donde $\lambda(t)$ = Tasa instantánea de incidencia, *hazard rate* o fuerza de la infección. Mide el riesgo de que un susceptible desarrolle la enfermedad en la próxima unidad de tiempo. Véase **Casos nuevos**

p = probabilidad de que 2 individuos tengan un contacto efectivo.

$I(t)$ = número de personas infecciosas en el tiempo t

Premisas de este modelo:

- La infección se propaga directamente de las personas infectadas a otras personas por un cierto tipo de contacto (denominado "un contacto adecuado") y no de otra manera.
- Cualquier individuo no inmune en el grupo, después de tal contacto con un individuo infeccioso en un período determinado, se desarrollará la infección y será infeccioso para otros sólo dentro del siguiente período de tiempo; en períodos posteriores, él es totalmente y permanentemente inmune.
- Cada individuo tiene una probabilidad fija de entrar en contacto adecuado con cualquier otro individuo especificado en el grupo dentro de un intervalo de tiempo, y esta probabilidad es la misma para todos los miembros del grupo.
- Los individuos están totalmente separados de los otros fuera del grupo. (Es una población cerrada.)
- Estas condiciones se mantienen constantes durante la epidemia

Si multiplicamos este modelo por la población susceptible tenemos

$$C_{t+1} = S_t [1 - (1 - p)^{I_t}]$$

C_{t+1} = número de nuevos casos de una enfermedad infecciosa que se esperan en una población cerrada y distribuida al azar de susceptibles e inmunes desde el periodo t a $t+1$

S_t = número de susceptibles en el tiempo t .

Variaciones de este modelo son la base teórica de los programas de inmunización que controlan a las enfermedades transmisibles sin que necesariamente la cobertura vacunal deba ser del 100 por cien.

Modelo de Ross-McDonald^{11,73} El “modelo de Ross-MacDonald” son en realidad varios tipos de modelos y varios tipos de estilos de modelización que de manera global se denominan de esta forma. Entre estos modelos se encuentran:

- 1.- El modelo de Ross-Waite-Lotka
- 2,- El modelo de Ross-Lotka
- 3.- El modelo de Sharpe-Lotka
- 4.- Los modelos de Macdonald-Irwin y Macdonald-Dietz.

Y alguno más que se han publicado posteriormente a éstos.

Estos modelos se diseñaron para estudiar la transmisión de la malaria por el mosquito pero de forma general se pueden utilizar para modelar enfermedades transmitidas por otros vectores.

Los modelos difieren en la forma del modelado matemático y en la forma en la cual implementan la latencia en el mosquito, pero existe un consenso para simplificar las suposiciones acerca de la dinámica de la transmisión. Estas suposiciones son:

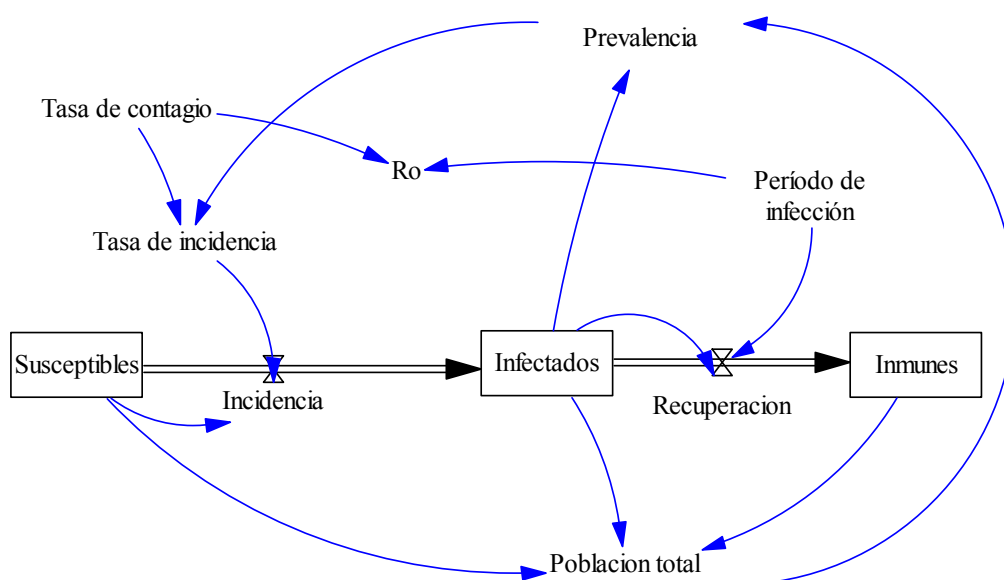
1. El patógeno pasa de un mosquito infectado a un huésped vertebrado durante el proceso de alimentación sanguínea.
2. En la sangre periférica del huésped vertebrado la densidad del parásito es suficientemente alta para infectar a un nuevo mosquito.
3. Un mosquito susceptible succiona el patógeno del huésped vertebrado infectado durante la alimentación sanguínea. La fracción de alimentación es constante.
4. El parásito se desarrolla en el mosquito y se establece en las glándulas salivales listo para ser transmitido por una picadura a un huésped vertebrado susceptible.
5. Solo hay un huésped vertebrado
6. Las poblaciones de humanos y vectores se mantienen constantes en el tiempo. Son poblaciones cerradas.
7. Hay muchos más seres humanos que picaduras infecciosas y las picaduras se distribuyen al azar entre la población de huéspedes vertebrados.
8. Las poblaciones de humanos y mosquitos son homogéneas en cuanto a susceptibilidad, exposición, atracción, etc.
9. Se ignoran los períodos de incubación dentro de los humanos y mosquitos (infectados = infectantes)
10. Se ignora la adquisición gradual de inmunidad en los humanos

11. La tasa per cápita de recuperación de los humanos es mucho más alta que su tasa per cápita de mortalidad; en consecuencia se ignora la mortalidad en humanos
12. El huésped vertebrado vuelve a ser susceptible cuando se recupera
13. Los mosquitos no se recuperan; no se ignora la mortalidad del vector que crece de forma exponencial
14. No se produce mortalidad adicional del hospedador humano o vector inducida por el parásito
15. No se produce superinfección en humanos o mosquitos. Solamente se infectan los susceptibles
16. Hay solo una especie de vector

Modelo SIR^{7,10} En 1927, W. O. Kermack y A. G. McKendrick crearon el modelo SIR que considera una enfermedad que se desarrolla a lo largo del tiempo y únicamente tres clases de individuos (de donde proviene el nombre): **Susceptibles**, **Infectados** y **Recuperados**. El modelo SIR es uno de los modelos epidemiológicos más simples capaces de capturar muchas de las características típicas de los brotes epidémicos. El modelo relaciona las variaciones de estas tres poblaciones a través de la tasa de contagio y el período infeccioso promedio).

Posteriormente han aparecido numerosas modificaciones y aplicaciones: Modelo SIS (**Susceptible-Infectado-Susceptible**); SEIR (**Susceptible-latente-Infectado-Recuperado**), SEIRS (**Susceptible-latente-Infectado-Recuperado-Susceptible**), etc.

Esquema general de modelo SIR.



Referencia. W. O. Kermack & A. G. McKendrick "A contribution to the mathematical theory of epidemics" Proceedings of the Royal Society of London Series A, 115:700-721, 1927

Mortalidad, tasa de³ Tasa calculada en la misma forma que la de incidencia; en ella se divide el número de defunciones producidas en la población durante un período determinado, por lo regular un año, por el número de personas en riesgo de morir durante ese período. La tasa total o bruta de mortalidad incluye las muertes por todas las causas y se expresa como el número de defunciones por 1000 habitantes. La tasa de mortalidad específica por una enfermedad determinada incluye las muertes causadas por una sola enfermedad, y generalmente se expresa por 100 000 habitantes. La población base puede definirse según sexo, edad u otras características. La tasa de mortalidad no debe confundirse con la de **letalidad**. La tasa de mortalidad es el inverso de la **esperanza de vida** (véase)

Morbilidad, tasa de³ Tasa de incidencia que expresa el número de personas de la población en consideración que se enferman clínicamente durante un período específico. La población puede circunscribirse a un grupo específico, según sexo, edad u otras características.

Navaja de Occam²¹ La navaja de Occam es el principio de la parsimonia o simplicidad. Según este principio “la teoría más simple es más probable que sea la cierta” Este principio se atribuye a Guillermo de Ockham (1280-1349) aunque él no lo inventó pero lo utilizó en muchas ocasiones por eso se le atribuye. Occam utilizaba este principio para eliminar hipótesis innecesarias. Este principio aparece en los escritos de Aristóteles y Santo Tomás de Aquino. El término “navaja de Occam” aparece por primera vez en 1852 en un trabajo del matemático británico William Rowan Hamilton

Número reproductivo básico (R_0) En los **microparásitos**¹⁰ el número reproductivo básico (R_0) es el número esperado de casos nuevos de una enfermedad que producirá un caso infeccioso durante su periodo de contagio en una población de gran tamaño en los que todos son susceptibles. No incluye a los casos producidos por casos secundarios. Tampoco a los casos secundarios que no son contagiosos. Si $R_0 = 9$ significa que una persona enferma introducida en una población susceptible producirá 9 casos de infecciones secundarias antes que se cure, si toda la población es susceptible¹² Para que ocurra una epidemia R_0 tiene que ser mayor de 1. Si $R_0 = 1$ la epidemia se convierte en endemia. Es importante enfatizar que el número reproductivo básico se refiere únicamente a la situación en la cual no existe regulación alguna sobre la población del parásito, es decir, durante los primeros momentos de su introducción en una población inmunológicamente virgen, y que por tanto se trata del potencial reproductivo máximo en una situación específica¹¹

Hay diversas formas de calcular R_0 , pero de manera general depende de la tasa de contagio (**beta**) y del **periodo contagioso** o **Infecciosidad** o de la **esperanza de vida** y de la edad de aparición de la enfermedad o de la **prevalencia** y de la duración media de la enfermedad. Veamos algunas estimaciones.

1) $R_0 = 1/x$; es decir R_0 = el inverso de la población susceptible. Se asume que la tasa media de incidencia y prevalencia de la enfermedad no cambia

2) R_0 = número de contactos por unidad de tiempo * probabilidad de transmisión por contacto * duración del contagio o de la infectividad

$$3)* R_0 = \frac{\text{Tasa de contagio}(\beta)}{\text{Tasa de recuperacion}}$$

4)* R_0 = Tasa de contagio (β) * Periodo contagioso o Infecciosidad.

***Las opciones 2, 3 y 4 son equivalentes. Fíjese en las ecuaciones 3) y 4) que el periodo contagioso o infecciosidad es el inverso de la tasa de recuperación. Estas formas son las más comunes para estimar R_0 .**

5) En países desarrollados, R_0 se podría estimar como⁵

$$\frac{\text{Esperanza de vida de la población}}{\text{Edad de la aparición de la enfermedad}}$$

6) En países en vía de desarrollo, R_0 se podría estimar como⁵

$$1 + \frac{\text{Esperanza de vida de la población}}{\text{Edad de la aparición de la enfermedad}}$$

7) En el caso de enfermedades de transmisión sexual en un grupo homogéneo, por ejemplo hombres homosexuales⁵

R_0 = Probabilidad de transmisión por contacto con cada pareja * Tasa de cambio de pareja sexual * Duración del contagio

A su vez, la tasa de cambio de pareja sexual (c) se puede calcular como⁵

$$c = m + (s^2/m)$$

donde:

m = número medio de cambio de parejas sexuales

s^2 = varianza de m

8) Si consideramos el caso de enfermedades de transmisión sexual en un grupo heterosexual tenemos que⁵:

$$R_0 = B_1 * B_2 * c_1 * c_2 * D_1 * D_2$$

B_1 y B_2 = Probabilidad de transmisión en hombres y mujeres

c_1 y c_2 = Tasa de cambio de pareja en hombres y mujeres

D_1 y D_2 = Duración del contagio en hombre y mujeres

9) Si nos encontramos en una población en la que no todos son susceptibles, entonces⁵:

Número efectivo reproductivo = R_0 * proporción de población susceptible

10) En enfermedades de transmisión indirecta como las transmitido por mosquitos (hombre → mosquito → hombre) o tipo ETS (hombre → mujer → hombre), R_0 depende del producto de los componentes de la transmisión. Por ejemplo, si una mujer infecta como media a dos hombres y cada hombre infecta como media a tres mujeres, entonces $R_0 = 2 * 3 = 6$

11) En los **macroparásitos** R_0 es el número esperado de crías hembras maduras que un parásito hembra puede producir en su vida¹²

12) En enfermedades transmitidas por vectores²⁶ Ejemplo Malaria.

R_0	Parameters and their values [12,36,40,44,56]
Modelo de Ross $\frac{m a^2 b c}{r \mu_2}$	a : Man biting rate [0.01-0.5 day ⁻¹] b : Proportion of bites that produce infection in human [0.2-0.5]
Modelo de McDonald $\frac{m a^2 b c}{r \mu_2} e^{-\mu_2 \tau_m}$	c : Proportion of bites by which one susceptible mosquito becomes infected [0.5] m : Ratio of number of female mosquitoes to that of humans [0.5-40] r : Average recovery rate of human [0.005-0.05 day ⁻¹]
Modelo de Anderson – May $\frac{m a^2 b c}{r \mu_2} e^{-\mu_2 \tau_m} e^{-\mu_1 \tau_h}$	μ_1 : Per capita rate of human mortality [0.017 year ⁻¹] μ_2 : Per capita rate of mosquito mortality [0.05-0.5 day ⁻¹] τ_m : Latent period of mosquito [5-15 days] τ_h : Latent period of human [10-100 day]

Tasa básica de reproducción³¹ Se define como el número promedio de descendientes que el parásito es capaz de producir con éxito. Se expresa como la cantidad promedio de infecciones secundarias producidas a partir de un único individuo infectado dentro de una población huésped no inmune. Para que el parásito sobreviva con éxito, R_0 debe ser mayor que 1; valores de R_0 de menos de 1 indican disminución de los riesgos

de enfermedad y tendencia hacia condiciones de transmisión mínima. Se calcula siguiendo la fórmula,

$$R_0 = \frac{ma^2bP^n}{-z(\log_e P)}$$

donde

b es la proporción de picaduras que son infectivas,

P es la probabilidad del mosquito de sobrevivir un día y

n es la duración en días del **periodo de incubación extrínseco**.

De este modo, como aproximación general, la transmisión de la malaria es directamente proporcional a la densidad del vector, al cuadrado del número de veces que cada día el mosquito pica al hombre, y a la enésima potencia de la probabilidad del mosquito de sobrevivir un día.

Características de R_0 ¹²

1. Nos permite comparar enfermedades disparejas desde un punto de vista de la biología de la población y nos hace pensar acerca de los efectos de las intervenciones en salud pública
2. Cuando un parásito es endémico y la incidencia es constante en el tiempo $R_0 = 1$. Por tanto si queremos disminuir la transmisión tenemos que hacer $R_0 < 1$. Por ejemplo, si $R_0 = 5$ para el VIH y el uso del preservativo disminuye la transmisión en un 90% (0,9), entonces $R_0 = 5 * 0,1 = 0,5$ si todo el mundo utilizara el preservativo.
3. Si la fracción de susceptibles es suficientemente baja, la probabilidad de que un huésped infectivo entre en contacto con un huésped susceptible antes de que se cure es muy baja y el parásito desaparecerá.

Formas de disminuir R_0 ⁵

1. Reduciendo el período de contagio aislando a las personas contagiosas
2. Reduciendo el número de susceptibles mediante vacunación
3. Modificando los factores sociales y de comportamiento que determinan la transmisión de la enfermedad como el mejoramiento de las condiciones de vida para disminuir el hacinamiento. En el caso de ETS promoviendo el uso de condones para reducir la probabilidad de transmisión.

Odd⁹ Es la **razón** de la probabilidad de que ocurra un evento sobre la probabilidad (odd) de que no ocurra.

$$Odd = \frac{\text{Probabilidad de que ocurra}}{\text{Probabilidad de que no ocurra}} = \frac{p}{1 - p}$$

Por ejemplo, supongamos que la probabilidad de encontrar un niño obeso en nuestra comunidad es del 25%,

$$Odd = \frac{0,25}{1 - 0,25} = \frac{0,25}{0,75} = 0,33$$

Que se interpreta como que en nuestra comunidad por cada niño obeso hay 3 (1/0,33) que no son obesos.

Razón de odds (Odds ratio) = *odd en expuestos / odd en no expuestos*

Logit^{9, 32} Es el logaritmo natural de la Razón de Odds. La función logit es la inversa del "sigmoide", o función "logística".

Modelo logit^{9, 33} Es un modelo lineal del logit de una enfermedad como una función de uno o más factores de exposición. Este modelo es matemáticamente equivalente al modelo logístico

$$\text{logit}(p_i) = \ln \left(\frac{p_i}{1 - p_i} \right) = \beta_0 + \beta_1 x_{1,i} + \dots + \beta_k x_{k,i}.$$

Pandemia¹ Es la extensión del territorio de una epidemia a nivel mundial

Parásito^{13, 14, 22} Es un organismo animal o vegetal (incluyendo virus, bacteria, protozoos y helmintos) que vive a costa de otro de distinta especie (que se denomina huésped), alimentándose de él y depauperándolo sin llegar a matarlo. . Los parásitos pueden o no causar una enfermedad. Cuando un parásito hiere el huésped y le causa una enfermedad, se le llama un patógeno o un agente infeccioso. Los parásitos pueden ser **endoparásitos** y **ectoparásitos**. Los endoparásitos residen permanentemente, al menos en algunas etapas de su desarrollo, en el interior de su huésped, ocupando huéspedes sucesivos en distintas fases de su ciclo. Los endoparásitos suelen guardar una extrema especificidad de relación con sus huéspedes, dependiendo a menudo de una o unas pocas especies relacionadas. Los ectoparásitos, por ejemplo los hematófagos, viven en o fuera del huésped, pueden o suelen ser menos exigentes, pero no siempre; por ejemplo, en las orugas de las mariposas es común una dependencia muy estrecha respecto a la planta nutricia. Los ectoparásitos producen una infestación y los endoparásitos una infección. Un huésped que tiene un parásito está infectado, mientras que un huésped infectado, capaz de transmitir un parásito es infeccioso. Un huésped capaz de mantener un parásito sin desarrollar síntomas clínicos es un **portador**.

Patogenicidad^{3, 8} La característica de un agente infeccioso que rige la extensión o magnitud con la cual se manifiesta una enfermedad en una población infectada o la capacidad del microorganismo para producir enfermedad. Capacidad del microorganismo de ser patógeno (originar una enfermedad) al huésped.

Patrones de contactos¹⁵ Es la forma en la que ocurren las relaciones entre diferentes grupos y depende de la frecuencia y de la variabilidad de los contactos por unidad de tiempo en la población huésped. El tipo de contacto puede ser:

1.- Homogéneo aleatorio. Cada huésped tiene la misma tasa media de contacto con otro huésped. Los contactos entre los huéspedes se producen uniformemente con igual probabilidad.

2.- Heterogéneo no aleatorio. Los contactos entre huéspedes no son aleatorios, es decir, ocurren con probabilidades distintas. Esto puede deberse a que algunos huéspedes tienen, de media, una mayor tasa de contacto con otros como consecuencia de diferencias sociales, espaciales o de comportamiento. Esta heterogeneidad se puede incorporar en los modelos. A su vez este tipo de contacto puede ser:

a) Interacciones entre grupos similares (*Assortative mixing*) La interacción es más probable que ocurra entre los huéspedes que pertenecen a grupos similares en edad, sexo, comportamiento de riesgo,...

b) Interacción proporcional (*Proportional mixing*) Los huéspedes de un grupo interactúan con los huéspedes de otro grupo con una probabilidad que depende del tamaño y de la tasa de contacto que haya entre ellos. Si ambos grupos tienen el mismo tamaño, los huéspedes con mayor tasa de contacto contactarán o serán contactados por otros huéspedes con una mayor probabilidad.

c) Interacciones entre grupos distintos (*Disassortative mixing*) Los huéspedes de un grupo tienen una probabilidad de contacto mayor con los huéspedes de otro grupo que con los de su mismo grupo.

Los patrones de contactos se estudian a través de la matriz **WAIFW** (Who Acquires Infection From Whom) y tienen una gran influencia en la dinámica de la infección en las diferentes fases de una epidemia⁷ Véase **Anexo V**.

Pensamiento sistémico. Véase **Sistema**

Período clínico^{1,3} Se denomina período de expresión o período clínico al período comprendido entre la aparición de los signos y síntomas hasta que ocurre el desenlace: recuperación, muerte o paso al estado de portador. Véase **Infeccioso o Infectado**

Periodo contagioso. Se puede expresar de varias formas.

Es el período de tiempo a partir del cual el **huésped** tiene capacidad de eliminar gérmenes; dura un tiempo variable y en muchas enfermedades se inicia antes del comienzo de los síntomas.

Lapso durante el cual el agente infeccioso puede ser transferido directa o indirectamente de una persona infectada a otra, de un animal infectado a humanos o de una persona infectada a animales, inclusive artrópodos³

Es la duración de la enfermedad desde el punto de vista de la **infecciosidad**, facilidad relativa con que la enfermedad se transmite a otros huéspedes³ Es decir, es el número de días que una persona enferma puede contagiar a otra y NO el número de días que dura la enfermedad desde que aparecen los síntomas hasta que cura. El inverso de

este período se denomina **tasa de recuperación** que es la proporción de personas que abandonan el estado de infectados y pasan al estado de recuperado y/o inmunes

En enfermedades como la difteria y las infecciones estreptocócicas en las que se encuentran afectadas las membranas mucosas desde que penetra el agente patógeno, el período de transmisibilidad se cuenta desde la fecha de la primera exposición a la fuente infecciosa hasta que el mecanismo infectante desaparece de las mucosas infectadas, es decir, desde antes de que aparezcan los síntomas prodrómicos hasta que termina el estado de portador, si se produjera. Algunas enfermedades son más transmisibles durante el período de incubación que durante el curso de la afección propiamente dicha (v. gr.: hepatitis A, sarampión).

En enfermedades como la tuberculosis, la lepra, la sífilis, la gonorrea y algunas de las salmonelosis, la transmisibilidad puede durar períodos largos y, a veces, intermitentes, mientras las lesiones crónicas activas permitan la expulsión de agentes infecciosos por la superficie de la piel o a través de los orificios corporales³

En enfermedades transmitidas por artrópodos, como el paludismo y la fiebre amarilla, el período de transmisibilidad (o más bien de **infectividad**) es aquel en que el agente infeccioso permanece en forma infectante en la sangre o en otros tejidos de la persona afectada en cantidad suficiente para infectar al vector. Los artrópodos también presentan un período de **transmisibilidad**, es decir, el lapso durante el cual el agente infeccioso persiste en sus tejidos, en forma y localización tal (**estado infectante**) que sea transmisible.

Para determinar cuál es el período contagioso de una enfermedad lo haremos calculando la tasa de ataque secundario para cada uno de los periodos: incubación y clínico. Si hay transmisión durante el período de incubación quiere decir que el período contagioso es anterior al clínico.

Período de incubación y de latencia

Periodo de incubación^{1, 3}. Es el tiempo que transcurre entre la exposición a un agente biológico, químico, radiológico,...hasta la primera manifestación de los síntomas. No debe confundirse con el período de latencia.

Período de incubación extrínseco²² Es el intervalo de tiempo entre la infección del vector y la transmisión del parásito, cuando el parásito todavía está afuera del huésped vertebrado. Su duración depende de la temperatura. La razón de desarrollo del parásito normalmente aumenta en una forma linear con la función grado-día de la temperatura ambiental entre los umbrales alto y bajo.

Periodo de incubación intrínseco²² Es el tiempo que transcurre desde la infección al inicio de los síntomas en el huésped vertebrado.

Los parásitos tienen una forma de reproducción con dos formas: *esquizogonia* (asexual) y esporogonia (sexual). En la *esquizogonia* o fase intrínseca el núcleo de la célula madre se divide varias veces formando lo que se denomina *esquizonte*. Cada una de estas partes se rodea posteriormente de una porción de citoplasma, dando

lugar a las células hijas denominadas *merozoitos*. Esta fase ocurre en el huésped intermediario o vertebrado (hombre)³⁰ La duración de esta fase se denomina **Período de incubación intrínseco** La duración total de la fase de *esquizogonia* varía según la inmunidad del huésped y es diferente para las especies del parásito: aproximadamente 16 a 17 días para *P. falciparum* y 10 a 12 días para *P. vivax*³¹ La esporogonia o fase extrínseca es una fisión múltiple después de una reproducción sexual y ocurre en el huésped definitivo o invertebrado (vector)³⁰ La duración de esta fase se denomina **Período de incubación extrínseco** La duración es variable entre 8 y 25 días, dependiendo de la especie de parásito y de la temperatura (por ejemplo a 28°C: 9–10 días para *P. falciparum*, y 14–16 días para *P. malariae*)³¹

Período prepatente. En las personas, a aquel que transcurre entre la fecha de exposición a un parásito y el momento en que este último puede detectarse en la sangre o en las heces.

Período de latencia⁸ Período de tiempo que transcurre desde la entrada del germen y el comienzo de su eliminación (estadio de infecciosidad o contagio). Durante este período es posible llevar a cabo mediante distintas pruebas el diagnóstico precoz de la enfermedad. Es decir, se puede detectar la enfermedad antes de que aparezcan los signos y síntomas, por ejemplo prueba de ELISA, tuberculina,... No debe confundirse con el período de incubación.

El poder distinguir el período de incubación y de latencia es fundamental para conocer por qué y cómo se transmite la enfermedad. Por ejemplo, la capacidad de contagio es diferente si¹

a) El período de incubación y el de latencia son iguales, en este caso la enfermedad se transmite durante el período clínico.

b) El período de latencia es menor que el de incubación, entonces el contagio se inicia antes de los primeros síntomas y tiene una duración variable según la enfermedad, finalizando a los pocos días del inicio de la enfermedad o con la curación clínica, según la enfermedad.

c) Por último, el período infeccioso dura más que el período clínico, con lo que la capacidad de infección se alarga en el tiempo. El alta clínica no se corresponde siempre con el alta epidemiológica.

Período de incubación extrínseco. Véase *Período de incubación y de latencia*

Período de incubación intrínseco. Véase *Período de incubación y de latencia*

Período de latencia. Véase *Período de incubación y de latencia*

Período prepatente. Véase *Período de incubación y de latencia*

Período prepatogénico³⁴ precede a las manifestaciones clínicas y está conformado por las condiciones del huésped, el agente y el medio ambiente. Este período tiene su aparición antes de que se manifieste clínicamente la enfermedad.

Período de transmisibilidad. Véase *Período contagioso*

Período prepatente. Véase *Período de incubación y de latencia*

Persona enferma² Persona que sufre o está afectada por una dolencia física que puede suponer un riesgo para la salud pública.

Enfermedad. Toda dolencia o afección médica, cualquiera sea su origen o procedencia, que entrañe o pueda entrañar un daño importante para el ser humano.

Evento. Manifestación de una enfermedad o un suceso potencialmente patógeno.

Véase **Caso**

Población. Se denomina población a: 1) Todos los habitantes de un país o una zona determinada, considerados en conjunto; el número de habitantes de un país o una zona determinada. 2) En muestreo, el conjunto completo de unidades (el "universo") de la que se extrae una muestra; no es necesariamente una población de personas - las unidades pueden ser instituciones, registros o eventos. El objetivo es que los resultados que se extraigan a partir del análisis de una muestra sean representativos de toda la población; al seleccionar una muestra se pueden cometer errores aleatorios y sistemáticos⁹

Población general Todos los miembros de una población humana, que se define esencialmente en base de su ubicación geográfica, como en un país, región, ciudad, etc. Todos los habitantes de un área determinada. Cada uno de los miembros de una población estudiada, independientemente de la raza, el origen étnico o estatus profesional. Las personas hospitalizadas o que se encuentran en prisión no se consideran parte de la población general. El término se utiliza a menudo para subrayar los diferentes resultados que los estudios tienden a obtener en la población general y en poblaciones específicas, como la población profesionalmente activa o la población hospitalizada⁹

Tipos de población base o de estudio. Al hablar de "tipo de población" nos referimos a la naturaleza o tipo de experiencia de los sujetos o potenciales sujetos durante el transcurso de la investigación. La población base o de estudio puede ser de dos tipos: transversal o longitudinal: a) Transversal o cross-sectional. Se realizan determinadas observaciones sobre cada individuo en un **momento** determinado del tiempo (aunque este momento puede ser diferente para cada individuo) b) Longitudinal. Se realizan determinadas observaciones sobre cada individuo en **dos o más momentos** determinados de tiempo o una determinada población es

monitorizada continuamente a lo largo de un período de tiempo para detectar cambios específicos (eventos) en los miembros de esa población. Por lo tanto, los estudios longitudinales conllevan un período de seguimiento. A su vez, existen dos tipos de poblaciones longitudinales: 1) Cohorte fija. No se puede entrar ningún individuo en el estudio una vez que ha comenzado el período de seguimiento. Si tampoco existen abandonos entonces la cohorte fija se llama **cohorte cerrada**. 2) Población dinámica o abierta. En este tipo los individuos pueden entrar en la población en cualquier momento durante el período de seguimiento. Si el tamaño de la población y la distribución de los factores de estudio relevante (particularmente la edad) permanecen constantes durante el período de seguimiento, decimos que la población es **estable o estacionaria**. En estos dos tipos de poblaciones longitudinales, los individuos están en riesgo de desarrollar la enfermedad de interés al comienzo del periodo de seguimiento, es decir, son casos potenciales. Asimismo, en ambos tipos, (pero no en la cohorte cerrada), los individuos pueden dejar de ser observados debido a la terminación del estudio, muerte, emigración, no participación o debido a otras pérdidas en el seguimiento.

Portador³ Persona o animal infectado que alberga un agente infeccioso específico de una enfermedad, sin presentar signos o síntomas clínicos de ella, y que constituye una fuente potencial de infección. Las infecciones no manifiestas solo pueden identificarse por métodos de laboratorio (seroprevalencia) como la prueba ELISA y Western blot o inmublot utilizadas para para diagnosticar la infección por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) de tipo crónica o por la presencia de reactividad positiva a pruebas cutáneas específicas como la prueba de la tuberculina o de Mantoux que está indicada en todas aquellas personas que presenten una mayor probabilidad de infección y que podrían beneficiarse de un tratamiento de quimioprofilaxis. Puede estar indicado también como herramienta diagnóstica en pacientes con sospecha de enfermedad tuberculosa. El estado de portador puede existir en un individuo en el curso de una infección no manifiesta (en estos casos suele denominársele **portador sano** o **portador asintomático**) o durante el período de incubación, la fase de convalecencia y de posconvalecencia en un individuo con infecciones que se manifiestan clínicamente (por lo regular llamado **portador en incubación** o **portador convaliente**, respectivamente). En ambas circunstancias, el estado de portador puede ser breve o prolongado (**portadores temporales** o **transitorios**, o **crónicos**). Este grupo tiene un gran significado epidemiológico ya que los huéspedes infectados, aunque aparentemente se encuentran bien, sirven de diseminadores de la enfermedad de forma silente o inaparente. Desde el punto de vista de la dinámica de la enfermedad en este grupo también se pueden incluir a las personas, que aunque muestren signos y síntomas no acuden a los servicios de salud bien porque se automedican, bien porque son inmigrantes sin documentación que no desean o no pueden acudir a los centros de salud, así como los errores diagnósticos.

Prevalencia de la enfermedad⁹ La prevalencia es una medida de la aparición de la enfermedad. Es la probabilidad de que un individuo esté enfermo en un momento dado (prevalencia puntual) Casos prevalente es el número total de individuos que tienen un atributo o enfermedad en un momento determinado (puede ser un determinado período). La prevalencia se estima tomando el número de casos prevalente y dividiéndolo por la población en riesgo de tener el atributo o la enfermedad en ese momento o a mitad de período. La prevalencia es una proporción, no una tasa. Tipos:

1. Prevalencia en el curso de la vida (*Lifetime prevalence*). Proporción de individuos que tiene una enfermedad o condición durante toda o parte su vida.
2. Prevalencia anual (*One-year-prevalence*). Proporción de individuos que tiene una enfermedad o condición durante un año calendario. Incluye los casos que aparecen antes o durante ese año.
3. Prevalencia de periodo (*Period prevalence*). Proporción de individuos que tiene una enfermedad o condición durante un período de tiempo específico. Para estimar una prevalencia de período es necesario encontrar el denominador más adecuado.
4. Prevalencia puntual (*Point prevalence*). Proporción de individuos que tiene una enfermedad o condición durante un determinado momento.

Características: no tiene dimensión y sus valores oscilan entre 0 y 1.

Prevención⁹ Acciones que previenen la aparición de enfermedades. Las acciones destinadas a erradicar, eliminar o reducir al mínimo el impacto de la enfermedad y la discapacidad, o si ninguno de ellos es factible, lo que retarda el progreso de la enfermedad y la discapacidad.

Prevención primordial. Son condiciones, acciones y medidas que reducen al mínimo los riesgos para la salud y que, por tanto, inhiben la aparición y establecimiento de procesos. En estas condiciones se incluyen factores de riesgo (ambientales, económicos, sociales, conductuales, culturales) conocidos que incrementan el riesgo de enfermar. La prevención primordial se realiza a través de muchas de las políticas públicas saludables públicas y privadas y la acción intersectorial. Se puede considerar como una forma de prevención primaria.

Prevención primaria. Tiene como objetivo reducir la incidencia de la enfermedad por mediante actuaciones personales y comunitarias. Estas actuaciones incluyen la disminución de los riesgos ambientales, el mejorar el estado nutricional de la población, la vacunación, la mejora de los suministros de agua,... Es una tarea fundamental de la salud pública, incluida la promoción de la salud.

Prevención secundaria. Tiene como objetivo reducir la prevalencia de la enfermedad, acortando su duración. Si la enfermedad no tiene cura, puede incrementar la supervivencia y la calidad de vida; lo que a su vez provoca que aumente la prevalencia.

Rara vez previene la aparición de enfermedades; lo hace sólo cuando la detección temprana de una lesión precursora conduce a la completa eliminación de todas estas lesiones. Se trata de un conjunto de medidas disponibles para los individuos y comunidades para la detección y la intervención precoz y así controlar la enfermedad y reducir al mínimo la discapacidad; por ejemplo, mediante el uso de programas de **cribado**. En ciertas enfermedades, estas actividades también pueden contribuir a la prevención terciaria.

Prevención terciaria. Consiste en una serie de medidas destinadas a suavizar el impacto de la enfermedad y la discapacidad a largo plazo mediante la eliminación o la reducción del deterioro, discapacidad y el sufrimiento y maximizando los años potenciales útiles de vida.

Prevención cuaternaria. Consiste en acciones que identifican a los pacientes con riesgo de sobrediagnóstico de sobremedicación con la finalidad de protegerlos contra una intervención médica excesiva. Acciones que impiden la iatrogenia.

Probabilidad de contacto efectivo. Véase *Casos nuevos*

Probabilidad de transmisión. Véase *Casos nuevos*

Propiedades emergentes. Véase *Sistema*

Proporción^{9, 35, 36} Es un tipo de **razón** en la que el numerador está incluido en el denominador. Es la razón de una parte respecto al todo, expresado como una fracción decimal (e.g. 0,2), como una fracción común (1/5) o como un porcentaje (20%) Por definición el rango de una proporción se encuentra entre 0 y 1. Un porcentaje es una forma de expresar un número como una fracción con 100 como denominador. También se le llama comúnmente tanto por ciento, donde por ciento significa "de cada cien unidades". Se usa para definir relaciones entre dos cantidades, de forma que el tanto por ciento de una cantidad, donde tanto es un número, se refiere a la parte proporcional a ese número de unidades de cada cien de esa cantidad. El porcentaje se denota utilizando el símbolo %.

A veces este tipo de razón se expresa como razón de 1 (fracción decimal) en vez de razón de 100 expresándose como "tanto por 1" que equivale a la centésima de 100, 0,01. A esta forma de expresión se denomina **punto base o punto básico**. Los puntos base o puntos básicos (un término que se utiliza con frecuencia en economía) evitan la ambigüedad entre discusiones relativas y absolutas. Por ejemplo, el número de personas que está de baja laboral, que es del 15% (1.500 puntos básicos). Durante el mes de mayo, ha habido un incremento del 1,5%. En este caso podríamos referirnos a un aumento desde el 15% hasta el 15,225%, aumento relativo (el 1,5% de 15% es 0,225), o del 15% hasta el 16,5%, aumento absoluto, 1,5% más 15%). Sin embargo, si el informe afirma que ha habido un "alza de 150 puntos base o puntos básicos" del

número de bajas laborales que es del cuya base es de 15% o 1500 puntos básicos, significa que las bajas laborales se han incrementado hasta los 1650 puntos básicos (en términos absolutos) que es equivalente a un porcentaje del 16.5%. Rango: 0 –1 ó 0 – 100%. No tiene dimensión ya que el numerador y el denominador tienen las mismas unidades

Ejemplos.

a) "TASA" DE MUERTES FETALES

$$\frac{\text{nº de muertes fetales}}{\text{nº de embarazos}}$$

La "tasa" de muertes fetales es en realidad una proporción de las muertes fetales entre todos los embarazos y puede ser utilizada como una estimación de la probabilidad de este evento.

b) LETALIDAD

$$\frac{\text{nº de personas fallecidas por la enfermedad}}{\text{nº de personas diagnosticadas de la enfermedad}}$$

La letalidad nos da la probabilidad de morir de una enfermedad durante un espacio de tiempo a partir de su diagnóstico.

c) Otros ejemplos de proporción son la proporción de enfermos cancerosos en relación a todos los enfermos ingresados en un hospital, o la proporción de individuos que están de acuerdo con una determinada afirmación en relación a todas las respuestas dadas.

R₀ Véase **Número reproductivo básico**

Razón^{9, 37} Una razón es una relación entre dos magnitudes generalmente se expresa como "a es a b" o a:b. Es el valor que se obtiene al dividir una cantidad por otra. Las tasas, las proporciones y los porcentajes son tipos de razones. En general, se entiende por razón el cociente adimensional entre dos números, y es en este sentido que se habla de razón de aspecto en de las tarjetas gráficas de las pantallas de televisiones u ordenadores: 4:3, 16:9,... o de la razón número de bomberos por 1.000 habitantes. Rango desde 0 a infinito. Puede tener dimensión o no tenerla.

Ejemplos

a) *Como ejemplos de una razón con dimensión tenemos el número de camas hospitalarias por 100.000 habitantes, o el número de heridos en accidentes de tráfico por cada 100 vehículos accidentados.*

b) *Como ejemplos de una razón sin dimensión tenemos el cociente entre hombres y mujeres que viven en una ciudad, o el cociente entre fumadores y no fumadores que trabajan en un lugar determinado.*

c) "Tasa" de mortalidad infantil:

$$\frac{\text{nº fallecidos menores de 1 año en 1990}}{\text{nacidos vivos durante ese año 1990}} \times 1000$$

La “tasa” de mortalidad infantil es en realidad una razón, ya que en el numerador hay algunos fallecimientos de menores de un año que nacieron en el año anterior al que se refiere el denominador y por tanto no están incluidos en los nacidos vivos del año que estamos estudiando.

d) Índice de Masa Corporal:

$$\frac{\text{kilogramos}}{(\text{Estatura _ en _ metros})^2}$$

Realimentación. Véase **Cibernética**

Recuperado^{3,8} Una persona o animal **recuperado** es aquel deja de ser infeccioso o **portador**. Una persona o animal inmune que posee anticuerpos protectores específicos o inmunidad celular como consecuencia de una infección o inmunización previas, o que puede estar condicionado a causa de cualquiera de estas circunstancias a reaccionar eficazmente para protegerse contra la aparición de la infección o de una enfermedad clínica, después de exponerse de nuevo al agente infeccioso específico de ella. El grado de inmunidad es relativo, ya que normalmente el nivel de protección eficaz en circunstancias corrientes puede ser anulado por una dosis excesiva del agente infeccioso o por su penetración por una vía poco común. La protección también puede disminuir por la administración de medicamentos inmunosupresores, una enfermedad coexistente o el proceso de envejecimiento

La **resistencia** es el conjunto de mecanismos corporales que sirven de defensa contra la invasión o multiplicación de agentes infecciosos o contra los efectos nocivos de sus productos tóxicos. La **resistencia inherente** es la capacidad para resistir una enfermedad, independientemente de la inmunidad o de la respuesta específica de los tejidos; generalmente depende de las características anatómicas o fisiológicas del huésped, y puede ser genética o adquirida, permanente o temporal.

La **inmunidad** es el estado de resistencia que suele provenir de la presencia de anticuerpos o células que poseen una acción específica contra el microorganismo causante de una enfermedad infecciosa o contra su toxina. La inmunidad eficaz depende de la **inmunidad celular**, que se adquiere por sensibilización de los linfocitos T, o de la **inmunidad humoral**, que se basa en la reacción de los linfocitos B, o de ambas. La **inmunidad pasiva** se obtiene naturalmente por la transmisión transplacentaria desde la madre, o artificialmente por inoculación de anticuerpos protectores específicos (provenientes de animales inmunizados o suero hiperinmune de convalecencia o seroglobulina inmune [humana]); es breve (de días a meses). La **inmunidad humoral activa**, que suele durar años, se adquiere por mecanismos naturales como consecuencia de una infección por manifestaciones clínicas o sin ellas, o en forma artificial por inoculación del propio agente, muerto, modificado o en forma variante o de fracciones o productos de tal agente.

La respuesta inmunitaria es el proceso reactivo del huésped tras la invasión del patógeno. Su objetivo es controlar el proceso de infección y matar a los parásitos con el fin de evitar la aparición de la enfermedad.

Reservorio² Cualquier animal, planta o sustancia en la que vive normalmente un agente infeccioso y cuya presencia puede constituir un riesgo para la salud pública.

Resistencia. Véase **Recuperado**

Respuesta inmunitaria. Véase **Recuperado**

Riesgo para la salud pública² Probabilidad de que se produzca un evento que puede afectar adversamente a la salud de las poblaciones humanas, considerando en particular la posibilidad de que se propague internacionalmente o pueda suponer un peligro grave y directo.

Sistema. Al plantearnos el estudio de los factores determinantes de las enfermedades que afectan poblaciones humanas tenemos que considerar los siguientes aspectos:

Las interrelaciones entre las personas que forman parte de una comunidad influyen en la conducta o comportamiento de los mismos.

Esto implica que estas personas no se comportan de manera espontánea sino que su conducta es debida en gran medida a la presión que impone la estructura del grupo social a la que pertenecen.

Estas conductas influyen sobre los estilos de vida de las personas como por el ejemplo el tipo de dieta que siguen, actitudes antes el consumo de drogas, relaciones sexuales de riesgo, consumo de alcohol y tabaco, etc, estilos de vida que influyen en el desarrollo de las enfermedades.

4. Estas interrelaciones entre las personas no tienen una forma unidireccional en la que un determinado comportamiento provoca un determinado resultado o acción, sino que a su vez este resultado o acción influye a su vez en los comportamientos que a su vez vuelve a influir en los resultados. Es decir, el tipo de interrelaciones que tienen unas personas con otras y con ellas mismas tienen un comportamiento circular o de realimentación (*feedback*)⁴¹

5. Sin embargo, aunque existan comportamientos e interrelaciones individuales los grupos sociales se comportan como un todo homogéneo, siendo posible discernir claramente el tipo de grupo social dentro de una región o nación.

*Este “conjunto de partes (que desde el punto de vista de la salud pública son individuos de una población) que al interactuar unos con otros funcionan como un todo” recibe el nombre de **sistema***^{42, 43}

En este párrafo, extraído de la página Web del Parlamento Europeo, podemos encontrar los distintos elementos, descritos anteriormente, que definen un sistema.

“Vivimos una época de enorme agitación en la historia de Europa. La crisis ha hecho que los ciudadanos sean conscientes de que Europa influye directamente en sus condiciones de vida. Han entendido que, más que nunca, los países europeos son interdependientes y que lo que ocurre en otro Estado de la UE afecta a las perspectivas de futuro de todos. Los tiempos han cambiado y el Parlamento Europeo, con ellos. Las decisiones de la Eurocámara se basan cada vez más en los asuntos que importan a los ciudadanos. Queremos escuchar todas sus opiniones y actuar en consonancia. Queremos reaccionar ante los desafíos. Queremos tener un impacto real y positivo que marque el presente y dé forma al futuro. Juntos, por todos y cada uno de nosotros.

Juntos podemos actuar, reaccionar y tomar decisiones que tengan un impacto real⁴⁴

La forma en la cual consideramos, reflexionamos y examinamos los sistemas se denomina **pensamiento sistémico**. El pensamiento sistémico es un método de identificar reglas, patrones y sucesos que existe en la estructura interna de los sistemas. El pensamiento sistémico nos puede servir para hacer literalmente una representación gráfica de nuestras conclusiones. Podemos dibujar las conexiones y la realimentación, de modo que el sistema cobre forma ante nuestros ojos. Esto es una forma de trabajo intuitiva porque es visual. Al hacer una representación visual de un sistema es preciso dibujar las interrelaciones, los bucles de realimentación que comentamos anteriormente, para reflejar y comprender cómo un componente influye sobre los demás. Cuando se manejan sistemas en general y sociales en particular hay que tener en cuenta la influencia que pueden tener los retrasos temporales en la evolución de los mismos ya que en la mayor parte de las ocasiones el resultado de los cambios no tiene por qué ser inmediato⁴⁵

Los sistemas sociales se pueden considerar como *sistemas deterministas* ya que su comportamiento y evolución están gobernados por leyes precisas, la trama de interrelaciones. Los sistemas que varían de forma determinista según transcurre el tiempo y también los sistemas que varían con un grado de aleatoriedad sin transcendencia en su comportamiento son los que se conocen técnicamente como **sistemas dinámicos**. El estado de estos sistemas pueden especificarse mediante los valores numéricos de una o más variables⁴⁶ El sistema dinámico aporta el lenguaje matemático para la descripción del comportamiento de un sistema. La dinámica de sistemas suministra un método para transcribir la descripción elemental, coloquial de un sistema en un sistema dinámico. Con el sistema dinámico obtenemos unas ecuaciones matemáticas del sistema real que tratamos de estudiar con la finalidad de que lo podamos simular en un ordenador⁴⁷

Los sistemas dinámicos que varían en *pasos discretos* se conocen técnicamente como *aplicaciones*. Las herramientas matemáticas que se ocupan de esas aplicaciones son las *ecuaciones en diferencias finitas*. Un sistema de ecuaciones

en diferencias finitas viene a ser un conjunto de relaciones que expresan los valores de todas las variables del siguiente paso en función de los valores del paso que está teniendo lugar en el momento actual.

Los sistemas dinámicos que *varían continuamente* se conocen técnicamente como *flujos*. Las herramientas matemáticas utilizadas para estudiar los flujos son las *ecuaciones diferenciales*. Un sistema de ecuaciones diferenciales equivale a un conjunto de relaciones que conjuntamente expresan las tasas de cambio de las variables en función de los valores actuales⁴⁶

Podemos clasificar los sistemas desde el punto de vista de la complejidad, desde el punto de vista de relación con el medio y desde el punto de vista de su comportamiento.

a) Complejidad. Desde el punto de vista de la complejidad tenemos a los sistemas complicados y a los sistemas complejos. Se denomina *sistema complicado* aquel que supone que el efecto conjunto de varias causas es igual a la suma de sus efectos por separado. Tener este punto de vista sería tener un punto de vista mecanicista de entender los problemas. En este tipo de sistemas no se obtiene información adicional a la suma de sus partes. Los sistemas complicados muestran una complejidad simple que significa que el comportamiento del sistema depende solamente del número de elementos que tenga, mientras más elementos, más complicado es el sistema. Ejemplos de este tipo de sistemas son conducir un vehículo, diseñar una base de datos, montar un mueble de bricolaje, hacer un plato de cocina, hacer un puzle, etc. Es decir, son procesos, más o menos largos de realizar, compuestos por una serie de pasos que al terminarlos se obtiene el resultado deseado.

Por el contrario un *sistema complejo* muestra interacciones continuas y cambiantes entre sus elementos. Los sistemas complejos muestran una complejidad dinámica lo que significa que el comportamiento del sistema no depende de la cantidad de elementos que lo formen sino de la forma de que interrelacionan entre ellos. Ejemplos de estos sistemas son el la aparición de una enfermedad en una comunidad, el ajedrez, el juego de damas, juegos de estrategias...^{45, 48, 49}

Esto puede resumirse con la expresión de que “El todo es más que la suma de sus partes” Los sistemas complejos poseen *propiedades emergentes*. Una propiedad emergente es aquella que surge únicamente cuando un sistema está en funcionamiento, por encima de las partes que lo compongan. Por ejemplo, no podemos desmontar un reloj (sistema) para ver como mide el tiempo (propiedad emergente). No podemos extraer el cerebro (sistema) y buscar cómo se producen los sentimientos y el pensamiento (propiedades emergentes)⁴⁵ La salud y la enfermedad son propiedades emergentes de los sistemas sociales. Otros ejemplos de propiedades emergentes son la música, la cultura, los recuerdos,... Este punto de vista es el que utiliza la dinámica de sistemas. La distinción de estos conceptos comienza con John Stuart Mill en su obra “A system of logic” (1843)⁵⁰

Mientras más complejo es un sistema, menos fiables son la toma de muestras para predecir posibles efectos y más resistentes son a los cambios.

Un tipo de sistema complejo son los *sistemas emergentes o autoorganizados*. En estos sistemas, los individuos que forman parte de él se organizan y resuelven las dificultades que les acechan en ausencia de una jerarquía o un mando centralizado, al menos en apariencia. Es decir, las decisiones se toman de abajo a arriba en vez de arriba abajo. Entre los ejemplos de sistemas emergentes tenemos la creación de suburbios en las grandes ciudades, la creación de colonias por las hormigas, las protestas vecinales, el hecho de que se salga de vacaciones a la misma hora o vayan todos a un mismo sitio de vacaciones, la utilización de las redes sociales,... En estos casos se difumina el comportamiento individual y aparece un comportamiento colectivo o *comportamiento emergente*⁵¹.

El hecho de descomponer un sistema para estudiar sus partes recibe el nombre de *análisis*: es el nombre que damos a la separación de las partes de un todo para ver cómo funciona. *Sirve para conocer (saber que existe algo)* Esto es lo que hace la estadística. Sin embargo, no es posible comprender las propiedades emergentes de un sistema si lo descomponemos en las partes que lo forman⁵¹.

El complemento del análisis es la *síntesis*, que es la composición de un todo por la reunión de sus partes. *La síntesis sirve para comprender (saber cómo funciona ese algo)* La única forma de saber cómo funciona un sistema y cuáles son sus propiedades emergentes es verlo en acción como un todo. Esto es lo que hace la dinámica de sistemas⁴⁵.

Los sistemas sociales son sistemas con un *comportamiento complejo* tal como lo definimos anteriormente. Un comportamiento complejo significa que un mismo sistema puede aparecer bajo aspectos muy distintos⁵². Los sistemas complejos presentan un comportamiento que puede ser, en muchos casos, precisamente el opuesto al que sería intuitivo esperar. Así, en los sistemas simples, la causa y el efecto se suelen producir, normalmente, de forma cercana en el espacio y en el tiempo. Por el contrario, en los sistemas complejos, la causa y el efecto no se encuentran cercanos, a menudo ni en el espacio ni en el tiempo. En los sistemas sociales existen una gran cantidad de interacciones. De ellas, algunas son positivas y gobiernan los procesos de crecimiento, mientras que otras son negativas y gobiernan los procesos estabilizadores. Estas características definen a lo que Susser denomina un *modelo ecológico complejo*⁵³ en el que el agente el huésped y el medioambiente participan en interacciones continuas en un determinado ambiente para provocar o no la aparición de la enfermedad. Debido precisamente a la complejidad de las interacciones, la causa de un cierto problema puede estar situada muy lejos en el tiempo de los síntomas que produce, o puede estar situada en una parte completamente diferente y remota del sistema⁵⁴.

La característica principal de los sistemas sociales reside en la consideración de que en el interior de los mismos se generan las fuerzas que determinan su evolución en el

tiempo. Es decir, en el interior de un sistema social se realizan una serie de interacciones entre sus elementos constituyentes que generan el comportamiento dinámico del mismo. El estudio, análisis e integración de todas estas interacciones elementales para explicar en conjunto el comportamiento global del sistema constituye uno de los objetivos básicos de la dinámica de sistemas⁵⁴

b) Relación con el medio. Desde el punto de vista de relación con el medio tenemos a los sistemas aislados, cerrados y abierto.

1. *Sistema aislado.* No intercambia ni materia ni energía con su entorno. Ejemplos de sistema aislado serían el gas encerrado en una bombona y la ecosfera. También se incluirían a tribus perdidas y grupos étnicos cerrados como los Amish. En estos casos los consideraríamos un sistema aislado desde el punto de vista de la interacción con otras poblaciones humanas, ya que obviamente interactúan con su medio ambiente.

2. *Sistema cerrado.* Es el que intercambia energía pero no materia con el exterior. Cuando más cerrado es un sistema, más energía acumula en su interior, esto se conoce como principio de la entropía. La entropía es el segundo principio de la termodinámica que puede definirse esquemáticamente como el "progreso para la destrucción" o "desorden inherente a un sistema"⁵⁵.

La entropía^{13, 56, 57} es una magnitud termodinámica que mide la parte de la energía no utilizable para realizar trabajo (energía necesaria para desplazar un cuerpo). La entropía es una medida del desorden de un sistema. Una masa de una sustancia con sus moléculas regularmente ordenadas, formando un cristal, tiene entropía mucho menor que la misma sustancia en forma de gas con sus moléculas libres y en pleno desorden. Haciendo un símil suponga un grupo de personas que trabajan en una institución cerrada, como un cuartel, una misión de un país en el extranjero, una residencia de ancianos, o trabajar durante muchas horas seguidas en un mismo lugar de trabajo. Durante una parte más o menos amplia del tiempo se está realizando un determinado trabajo o función por lo que la entropía (desorden del sistema) es baja. Si se permanece mucho tiempo en el mismo lugar pueden surgir roces personales, comentarios... lo que significa que la entropía (desorden del sistema) aumenta. Este hecho puede provocar cambios en el comportamiento de las personas y como consecuencias de los cuales pueden surgir enfermedades como depresiones, manifestaciones físicas de enfermedades psicosomáticas, brotes de enfermedades infecciosas. Otros ejemplos, de sistema cerrado son: el uso de *WhatsApp*, el uso de *Skype*; la enseñanza a distancia, etc.... En estos casos solo hay intercambio de información (energía) y no contacto físico (materia)

3. *Sistema abierto.* Es el que intercambia materia y energía con el exterior, es decir, es un sistema que interactúa con su entorno. Todos los sistemas vivos son sistemas abiertos. Los viajes por vacaciones, las migraciones, el trabajo colectivo,... se pueden considerar sistemas abiertos ya que hay interacciones entre personas (intercambio de materia) e intercambios de ideas (de energía) Estas interacciones e

intercambios ocurren tanto entre los elementos de un sistema como entre su entorno. Los sistemas abiertos poseen propiedades emergentes.

Podremos explicar la aparición y difusión de enfermedades en una comunidad de una manera u otra según consideremos que tipo de sistemas estamos estudiando

c) Comportamiento⁴⁵. Desde el punto de vista de su comportamiento tenemos..

1. El comportamiento del sistema es continuo cuando actúa de forma predecible con arreglo a una serie de estados, por ejemplo las ondas estacionales de la gripe.
2. El comportamiento del sistema es discontinuo cuando ocurre algo raro en una serie determinada de circunstancias especiales, por ejemplo la aparición de brotes o epidemias.

Sistemas autorregulados. Véase *Cibernética*

Simulación. Véase **Modelos**

Susceptible^{3,7} Persona o animal que no posee suficiente resistencia contra un agente patógeno determinado que lo proteja contra la enfermedad, si llega a estar en contacto con el agente. Población susceptible es la parte de la población que no está infectada pero está en riesgo de estarlo. Hay que tener en cuenta que no toda la población es susceptible de desarrollar una enfermedad. La estimación de tamaño de la población susceptible es una de las principales limitaciones que nos encontramos cuando queremos modelizar y simular el comportamiento de una enfermedad. La proporción de susceptibles de una población para una enfermedad específica depende de la edad de aparición de la enfermedad y de la esperanza de vida de la población.

El número de susceptibles en una población puede aumentar por dos razones.

1. Aumento de población debido a inmigraciones y al crecimiento vegetativo de la población.
2. Pérdida de la inmunidad en aquellas personas que han pasado la enfermedad, bien porque la enfermedad no produce inmunidad permanente, bien porque existen enfermedades que disminuyen la inmunidad de los individuos afectados o bien porque las medidas de prevención primaria establecidas, por ejemplo las vacunas, no son cien por cien efectivas.

El número de susceptibles puede disminuir por la vacunación.

En el caso de los artrópodos, la *susceptibilidad a infección* puede ser expresada como el porcentaje que se infectan entre aquellos que se alimentan de sangre. Cuando se alimenta al artrópodo con un rango de concentraciones de parásitos, la susceptibilidad puede expresarse como la *dosis infecciosa mediana* requerida para infectar el 50% de la población de artrópodos siendo alimentada con sangre. La habilidad de transmitir puede expresarse como el porcentaje de hembras que transmitieron la enfermedad al alimentarse o como el porcentaje de huéspedes que se infectaron²²

Tasa^{9, 38} Es un tipo especial de **proporción** o de **razón** que incluye una medida de tiempo en el denominador. Es una medida de la frecuencia de aparición de un fenómeno, está asociado con la rapidez de cambio de un fenómeno por unidad de una variable (tiempo, temperatura, presión) Es decir, la tasa mide la velocidad en la que un evento aparece en una comunidad.

En epidemiología, demografía y estadísticas vitales, una tasa es la expresión de la frecuencia con la cual un evento aparece en una determinada población en una unidad de tiempo. Se pueden utilizar otras unidades físicas en vez del tiempo. Por ejemplo, número de muertes por kilómetro recorrido,...

La utilización de las tasas es esencial para comparar experiencias entre poblaciones en diferentes tiempos, diferentes lugares o entre diferentes tipos de personas.

Todas las tasas son razones. Pero tasa no es sinónimo de razón. Los componentes de una tasa son el numerador, el denominador, el tiempo específico en el cual aparece el evento y un multiplicador, normalmente una potencia de 10, para convertir la tasa obtenida en un número entero. En epidemiología, el denominador normalmente son personas-tiempo. Algunas tasas son proporciones, donde el numerador está incluido en el denominador. Pero no todas las proporciones son tasas.

Al ser difícil el cálculo de la **tasa instantánea** normalmente hablamos de tasa media (tasa de mortalidad, velocidad media de un vehículo) El rango oscila entre cero e infinito y la dimensión es : $1/\text{Tiempo} = \text{Tiempo}^{-1}$

$$\text{tasa} = \frac{\text{nº de hechos en un determinado momento}}{\text{población media durante dicho período}} \times 10^n$$

Ejemplos.

a) *Mortalidad por causa específica y por edad*

$$\frac{\text{muertes por una causa determinada en un grupo de edad específico}}{\text{población estimada en ese mismo grupo de edad en la mitad del período}} \times 10^5$$

b) *Natalidad*

$$\frac{\text{nacidos vivos en un año}}{\text{población estimada en mitad del año}} \times 10^3$$

Tasa básica de reproducción. Véase **Número reproductivo básico (R_0)**

Tasa de ataque^{5,9} Es sinónimo de incidencia acumulada. Es la probabilidad de desarrollar una enfermedad en un período de tiempo determinado (período epidémico) En realidad no es una tasa es una proporción y por lo tanto no tiene dimensión (unidades)

Hay que tener sumo cuidado en la interpretación de las tasa de ataque durante el estudio de un brote o epidemia. Cuando no disponemos de información acerca de la proporción de susceptibles de la población estudiada. Suponga que en una población A de 1.000 habitantes aparecen 20 casos y en una población B de 2000 habitantes aparecen 30 casos. Por lo tanto tenemos que:

Tasa de ataque población A = $20/1000 \rightarrow 2\%$

Tasa de ataque población B = $30/2000 \rightarrow 1,5\%$

Suponga que en la población A hay un 90% de susceptibles (900 personas) ya que un 10% está inmunizado y en la población B hay un 65% de susceptibles (1.300 personas) ya que un 35% está inmunizado. Recalculando las tasas de ataque tenemos que:

Tasa de ataque población A = $20/900 \rightarrow 2,22\%$

Tasa de ataque población B = $30/1300 \rightarrow 2,31\%$

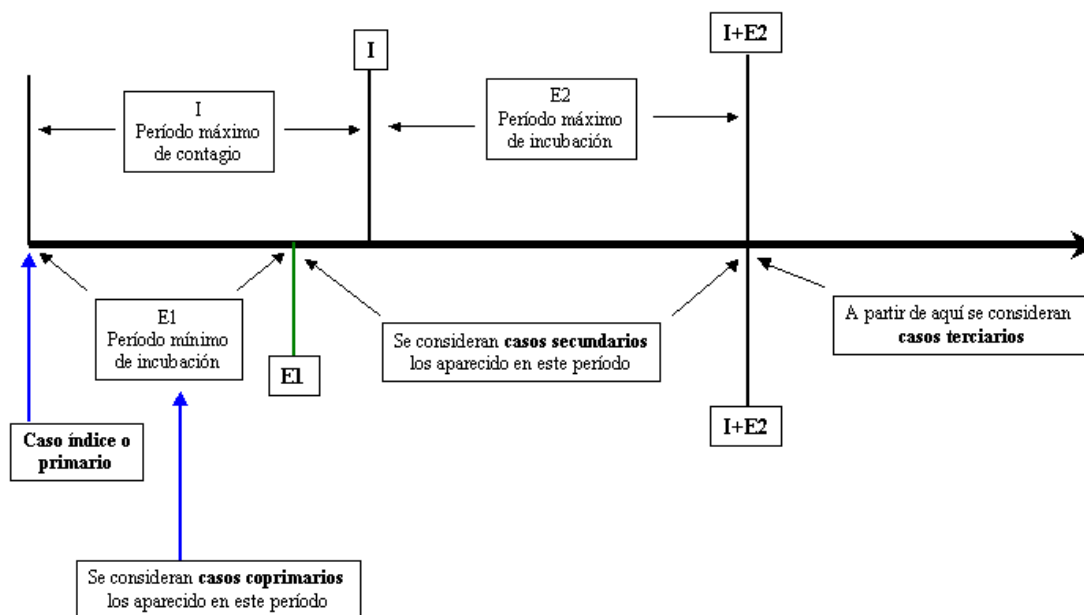
Tasa de ataque secundario³ Expresa la probabilidad de desarrollar una enfermedad infecciosa entre los contactos familiares o en instituciones reducidas durante el período de incubación aceptado, después de la exposición a un caso primario, en relación con el total de dichos contactos; el denominador puede limitarse a los casos susceptibles cuando éstos pueden determinarse. Es una medida de la contagiosidad y es útil para evaluar medidas de control.

En relación a la **probabilidad de transmisión** la tasa de ataque secundario:

- Es la probabilidad de que un individuo susceptible que esté viviendo dentro de la misma casa que una persona infecciosa (contagiosa) durante su período de infectividad (contagio) se convierta en un infectado
- Se utiliza en unidades pequeñas: hogares, aulas, autobuses, ...
- Se asume que la población, susceptibles e infectados, está distribuida de forma homogénea y que solo existe un contacto por persona
- Es una proporción, no una tasa, y es sinónimo de Incidencia Acumulada
- Estimación:

Nº de expuestos que desarrollan la enfermedad (casos incidentes)

Nº total de susceptibles expuestos



Fuente del gráfico y ejemplo: Referencia 12

Ejemplo: Tenemos una enfermedad con las siguientes características

Período de incubación mínimo (E1): 10 días

Período de incubación máximo (E2): 40 días

Período contagioso o infeccioso o Infecciosidad (I): 18 días

Fecha del caso primario. Caso inicial. Día 0

Estimaciones

Período de exposición o cuando ocurre el contacto potencialmente infectivo: Desde la fecha en el que aparece el caso primario más el período contagioso. En nuestro ejemplo, el período de exposición ocurriría dentro de los primeros 18 días ($0+I = 0+18=18$)

Casos coprimarios: Son los casos que aparecen desde que aparece el caso primario hasta el período de incubación mínimo. En nuestro ejemplo, los casos coprimarios son aquellos que aparecen en los 10 primeros días ($0+E1 = 0+10 = 10$)

Casos secundarios: Son los casos que aparecen entre el período mínimo de incubación hasta el período máximo de incubación más el período contagioso. En nuestro ejemplo, son los que aparecen entre el 10 y el día 58 (período máximo (E2) 40 + periodo contagioso (I) 18)

Casos terciarios: Los que aparecen después de los casos secundarios + E2+I. En nuestro ejemplo, son aquellos que aparecen entre los días 58 y 116 (período máximo 40 + periodo contagioso 18)

.... y así sucesivamente

Véase **Casos**

Tasa de contagio. Véase **Casos nuevos**

Tasa de infección. Véase **Infección**

Tasa de inoculación entomológica⁴⁰. Mide la intensidad de transmisión de la malaria determinada por la frecuencia con la cual quienes viven en una zona son picados por mosquitos anofelinos que llevan esporozoítos. A menudo se expresa como tasa anual de inoculación entomológica (TIE), que es el número de inoculaciones de parásitos de la malaria recibidas por una persona en un año.

Véase **Casos nuevos**

Tasa de recuperación. Véase **Periodo contagioso**

Tasa instantánea de incidencia. Véase **Casos nuevos**

Teoría General de Sistemas^{59, 60}. La *teoría general de sistemas (TGS)* o *teoría de sistemas* o *enfoque sistémico* es un esfuerzo de estudio interdisciplinario que trata de encontrar las propiedades comunes a entidades, los sistemas, que se presentan en todos los niveles de la realidad, pero que son objetivo tradicionalmente de disciplinas académicas diferentes. Su puesta en marcha se atribuye al biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy (1901 - 1972), quien acuñó la denominación a mediados del siglo XX. Esta teoría busca descubrir la existencia de un isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en varios campos. El concepto matemático de **isomorfismo** (del griego *iso-* *morfos*: Igual forma) pretende captar la idea de tener la misma estructura. Los isomorfismos permiten:

Usar los mismos términos y conceptos para describir rasgos esenciales de sistemas reales muy diferentes; y encontrar leyes generales aplicables a la comprensión de su dinámica. Por ejemplo, si estudiamos cómo evoluciona la población a lo largo del tiempo, cómo evolucionan las compras de teléfonos móviles, cómo han evolucionado los casos de SIDA en la población o cuál es el comportamiento de una epidemia observamos que aunque parezcan sistemas muy diferentes entre sí todos presentan el mismo comportamiento, en este caso el crecimiento logístico o sigmoidal.

Favorecer, primero, la formalización de las descripciones de la realidad; luego, a partir de ella, permitir la modelización de las interpretaciones que se hacen de ella.

Facilitar el desarrollo teórico en campos en los que es difícil la abstracción del objeto; o por su complejidad, o por su historicidad, es decir, por su carácter único. Los sistemas históricos están dotados de memoria, y no se les puede comprender sin conocer y tener en cuenta su particular trayectoria en el tiempo.

Superar la oposición entre las dos aproximaciones al conocimiento de la realidad:

La analítica, basada en operaciones de reducción.

La sistémica, basada en la composición.

Aunque la TGS surgió en el campo de la Biología, pronto se vio su capacidad de inspirar desarrollos en disciplinas distintas y se aprecia su influencia en la aparición de otras nuevas. Así se ha ido constituyendo el amplio campo de la *sistémica* o de las *ciencias de los sistemas*, con especialidades como la cibernética, la teoría de la información, la teoría de juegos, la teoría del caos o la teoría de las catástrofes. En algunas, como la última, ha seguido ocupando un lugar prominente la Biología. Más reciente es la influencia de la TGS en las Ciencias Sociales introducida por el sociólogo alemán Niklas Luhmann.

Tiempo de generación^{7,16,17} En enfermedades que se transmiten persona a persona, es el período de tiempo que transcurre entre la aparición de síntomas similares en sucesivas generaciones. También se define como el intervalo de tiempo entre sucesivas infecciones en una cadena de transmisión. Es la suma de la media del **período de latencia** y la media del **período contagioso o infecciosidad** o la suma del período de incubación y el inverso de la tasa de recuperación

Las **generaciones de transmisión** es el número de generaciones de transmisión entre humanos necesarios para explicar el tamaño de una epidemia. Depende del número de casos primarios y del número de infecciosos y portadores.

$$\text{Generaciones de transmisión} = \frac{\ln\left(\frac{\text{Contagiosos sintomáticos}}{\text{Casos primarios}}\right)}{\ln(R_0)}$$

Casos primarios < Contagiosos sintomáticos

Generaciones de transmisión

$$= \frac{\ln\left(\frac{\text{Contagiosos sintomáticos} + \text{Contagiosos asintomáticos}}{\text{Casos primarios}}\right)}{\ln(R_0)}$$

Casos primarios < (Contagiosos sintomáticos + Contagiosos asintomáticos)

Transmisión de agentes infecciosos. Cualquier mecanismo en virtud del cual un agente infeccioso se propaga de una fuente o reservorio, a una persona.

1. Transmisión directa⁸:

1.1 Contacto directo: piel, mucosas, besos, mordeduras, manos, contacto sexual, se denominan **enfermedades contagiosas**.

1.2 Secreciones: estornudos, tos, canto, conjuntiva, boca, garganta (gotitas de Pflüger). Expelidos a menos de 1 metro. Sedimentación rápida.

1.3 Polvo que se deposita en heridas procedentes del suelo, ropa,...

2) Transmisión indirecta³:

2.1 Mediante vehículos de transmisión: objetos o materiales contaminados como juguetes, pañuelos, ropa sucia, ropa de cama, utensilios de cocina y de mesa, instrumentos quirúrgicos o apósitos; agua, alimentos, leche, productos

biológicos, inclusive sangre, suero, plasma, tejidos u órganos; cualquier sustancia que sirva de conducto intermedio por el cual el agente infeccioso se transporta a un huésped susceptible y se introduce por una puerta de entrada apropiada. El agente puede o no haberse multiplicado o desarrollado en el vehículo antes de ser transmitido.

2.2 Por intermedio de un **vector**:

i) Mecánica: incluye el simple traslado mecánico del agente infeccioso por medio de un insecto reptante o volador, ya sea por contaminación de sus patas o trompa con la suciedad o por paso a través de sus vías gastrointestinales. Ello no requiere de la multiplicación ni del desarrollo del microorganismo.

ii) Biológica: cuando se necesita la propagación (multiplicación), desarrollo cíclico o una combinación de ambos (ciclopropagación), antes de que el artrópodo pueda transmitir la forma infectante del agente al hombre. Para que el artrópodo se vuelva infectante hace falta un período de incubación (extrínseco) después de la infección. El agente infeccioso puede ser transmitido en forma vertical a generaciones sucesivas lo que se denomina **transmisión transovárica**; la **transmisión transestadial** indica el paso de una fase del ciclo biológico a otra, como el paso de la crisálida a la forma adulta. La transmisión puede hacerse a través de la saliva durante la picadura o por regurgitación o depósito sobre la piel, de heces o material capaz de penetrar a través de la picadura o de una zona de traumatismo, por rascado o frotamiento. Esta es la transmisión por un huésped invertebrado infectado, y no representa el simple transporte mecánico por un vector que actúa como vehículo. Sin embargo, en ambos casos se considera que el artrópodo es un vector.

3. A través del aire³:

Es la diseminación de aerosoles microbianos transportados hacia una puerta de entrada adecuada, por lo regular las vías respiratorias. Los aerosoles microbianos son suspensiones aéreas de partículas constituidas total o parcialmente por microorganismos. Las partículas pueden permanecer suspendidas en el aire durante largos períodos; algunas conservan su infecciosidad o virulencia y otras la pierden. Las partículas con diámetro de 1 a 5 μ m penetran fácilmente en los alvéolos pulmonares y pueden permanecer en ellos. No se consideran como transportadas por el aire las gotitas y otras partículas grandes que se depositan rápidamente (véase Transmisión directa, en párrafos anteriores).

3.1 Núcleos de gotitas, (**núcleos goticulares de Wells⁸**) generalmente son los pequeños residuos que quedan después de la evaporación de líquido de las gotitas expulsadas por un huésped infectado (véase el apartado anterior). Los núcleos de gotitas también pueden formarse intencionalmente por medio de diversos aparatos atomizadores o en forma accidental, por ejemplo, en laboratorios microbiológicos, mataderos, industrias de extracción o salas de necropsia. Estos generalmente permanecen suspendidos en el aire durante largo tiempo.

3.2 Polvo: pequeñas partículas de dimensiones variables que pueden proceder del suelo (como las esporas de hongos separadas del suelo seco por el viento o la agitación mecánica), vestidos personales, ropa de cama o pisos contaminados.

Umbral epidémico⁷ Es la proporción mínima de personas susceptibles a partir del cual se produce un nuevo ciclo de incremento de la enfermedad. Se estima a partir del número reproductivo básico (R_0)

$$Umbral_epidemico = \frac{1}{R_0}$$

Umbral de inmunidad de grupo (UIG)⁷ Es el complementario del umbral epidémico. Es la cobertura vacunal mínima que debe de haber en una población para evitar la transmisión de la enfermedad. Se estima a partir del número reproductivo básico (R_0)

$$UIG = 1 - \frac{1}{R_0}$$

UIG representa el umbral de la inmunidad de grupo⁵ tal que si vacunamos a una población en una proporción $p > \text{UIG}$ se produce la eliminación de la infección.

Si la inmunización confiere inmunidad duradera antes de la edad de aparición de la primera infección, en todos los vacunados y si una población se vacuna en una proporción f , tenemos que

$$R = R_0 * (1 - f)$$

Donde,

R = número efectivo reproductivo

x = proporción de población susceptible

f = proporción de población vacunada.

La expresión $f > 1 / R_0$ es la fracción máxima de la población que debería estar vacunada para que la transmisión de la enfermedad desapareciera.

Si la eficacia de la vacuna no fuera del 100%, tendríamos que

$$f = \frac{1 - \frac{1}{R_0}}{h}$$

donde h es la eficacia de la vacuna (en proporción). En esta última expresión si $f > 1$ significaría que sería imposible eliminar la transmisión incluso si estuviera vacunada el 100% de la población.

Vacunación⁹ Procedimiento de inmunización contra todas las enfermedades infecciosas. **Vacuna** es una sustancia inmunobiológica utilizada para producir una inmunización activa mediante la introducción en el cuerpo de un organismo infeccioso modificado, atenuado, inactivado o su toxina. La vacuna es capaz de estimular una respuesta inmune en el huésped que así se hace resistente a la infección. Al estudiar el rol de la vacuna en una comunidad debemos tomar en consideración tres aspectos:

1 **Cobertura vacunal.** Proporción de la población que es vacunada (véase **Umbral de inmunidad de grupo**)

2 **Eficacia vacunal.** Es el porcentaje de la reducción de casos entre individuos vacunados. **Sensu stricto** debería denominarse **efectividad de la vacuna** ya que es una medida del grado en que la vacuna produce un resultado beneficioso cuando se lleva a cabo en poblaciones bajo circunstancias habituales. Es una medida del grado en que una intervención de asistencia sanitaria cumple sus objetivos en la práctica (véase **Umbral de inmunidad de grupo**)

3 Tiempo necesario tras la vacunación para que la vacuna tenga pleno efecto.

Vigilancia² Compilación, comparación y análisis de datos de forma sistemática y continua para fines relacionados con la salud pública, y la difusión oportuna, para su evaluación y para dar la respuesta de salud pública que sea procedente.

Virulencia. Grado de patogenicidad de un agente infeccioso indicado por la tasa de letalidad, por su capacidad para invadir y lesionar los tejidos del huésped, o por ambos parámetros³. Capacidad del microorganismo para producir enfermedad⁸. La virulencia se calcula clásicamente con la tasa de letalidad (la proporción de casos fallecidos de una enfermedad con relación al total de casos de esa enfermedad)¹

En general si aumenta la virulencia disminuye R_0 . Sin embargo, en algunas enfermedades el huésped es más contagioso mientras más enfermo esté, por tanto puede darse el caso que si la virulencia aumenta R_0 también aumenta. Que ocurra una cosa u otra depende del tipo de parásito¹²

Véase **Número reproductivo básico**.

Zoonosis³ Infección o una enfermedad infecciosa transmisible, en condiciones naturales, de los animales vertebrados a los humanos. Se clasifican en.

Enzootia¹³. Enfermedad que acomete a una o más especies de animales en determinado territorio, por causa o influencia local.

Epizootia¹³. Enfermedad que acomete a una o varias especies de animales, por una causa general y transitoria. Es como la epidemia en el hombre.

Bibliografía

1. Martínez Navarro F, Donado Campos J. Estudio de brotes. En: Martínez Navarro F (ed.) Vigilancia epidemiológica. Madrid: McGraw-Hill/ Interamericana. 2004.
2. Organización mundial de la salud. Reglamento Sanitario Internacional (RSI). Ginebra: OMS; 2005. Disponible en: <http://www.who.int/csr/ihr/es/index.html>
3. Chin J. Editor. El control de las enfermedades transmisibles. Washington. Organización Panamericana de la Salud. Publicación Científica y Técnica n° 581. 2001.
4. Anderson R, Nokes DJ. Mathematical models of transmission and control (ch. 18). In: Detels R, Holland WW, McEwen J, Omenn GS (eds). Oxford Textbook of Public Health. New York: Oxford University Press. Third edition Volume 2. 1997.
5. Anderson R, Nokes DJ. Mathematical models of transmission and control (ch. 6.14). In: Detels R, McEwen J, Beaglehole R and Tanaka H.(eds). Oxford Textbook of Public Health. New York: Oxford University Press. Fourth edition Volume 2. 2002
6. Longini IM, Koopman JS. Household and Community Transmission Parameters from Final Distribution of Infection in Households. Biometrics 1982; 38: 115-126
7. Vynnycky E, White RG. An introduction to infectious disease modelling. Oxford: Oxford University Press. 2010
8. Martínez Navarro JF. Epidemiología de las enfermedades transmisibles. Capítulo 36. En: Martínez Navarro F, Antó JM, Castellanos PL, Gili M, Marset P, Navarro V (editores). Salud Pública. Madrid: McGraw-Hill Interamericana. Madrid. 1997
9. Porta M (ed). A dictionary of epidemiology. 5th Edition. New York: Oxford University Press, 2008
10. Anderson RM, May RM. Infectious diseases of humans. Dynamics and control. Oxford University Press: New York. 1999
11. Basáñez MG, Rodríguez DJ. Dinámica de transmisión y modelos matemáticos en enfermedades transmitidas por vectores. ENTOMOTROPICA. 2004;19(3): 113-134.
12. Halloran ME. Concept of Infectious Disease Epidemiology (ch. 27). In: Rothman KJ, Greenland S. (eds). Modern Epidemiology. Philadelphia: Lippincott-Raven. 1998
13. Diccionario de la Real Academia Española
<http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>
14. Parasitismo. <http://es.wikipedia.org/wiki/Parasitismo> Último acceso noviembre 2014.
15. Mishra S, David N Fisman, DN Marie-Claude Boily, MC. The ABC of terms used in mathematical models of infectious diseases. J Epidemiol Community Health 2011;65:87e94. doi:10.1136/jech.2009.097113
- 16.- Giesecke J. Modern Infectious Disease Epidemiology, Second Edition. Arnold 2002
17. Fraser C, Donnelly CA, Cauchemez S et al. Pandemic Potential of a Strain of Influenza A (H1N1): Early Findings. www.sciencexpress.org / 11 May 2009 / Page 1 / 10.1126/science.1176062) Science. 2009 Jun 19;324(5934):1557-61. doi: 10.1126/science.1176062. Epub 2009 May 11.

- 18.- Ciclo vital del mosquito. Último acceso noviembre 2014.
http://centrodeartigo.com/articulos-para-saber-mas/article_40393.html
¿Cuál es el ciclo de vida del mosquito?
<http://medicina.tij.uabc.mx/von/ciclo.html> 20 de julio de 2013
- 19.- Montañero Hirose, Juan. "Los Mosquitos" Boletín de Montañismo y exploración de la UNAM. 01/Dic/2002/Num.99.
http://montanismo.org/2002/los_mosquitos/ Último acceso noviembre 2014.
- 20.- Mosquito pictures. www.mosquito-pictures.com/mosquito_life_cycle.htm
Último acceso noviembre 2014.
- 21.- Internet Encyclopedia of Philosophy <http://www.iep.utm.edu/ockham/> Último acceso noviembre 2014.
- 22.- "Vector-borne disease". *The Health and Environment Linkages Initiative (HELI)*. Geneva, Switzerland: World Health Organization. Septiembre 2015
- 23.- Bortman M. Elaboración de corredores o canales endémicos mediante planillas de cálculo. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health* 5(1), 1999
- 24.- Orellano P. Mosquitos Vectores de Enfermedades. Último acceso noviembre 2014. http://www.msaludjujuy.gov.ar/Infectologia/docs/zoonosis/Mosquitos_Vectores.pdf
- 25.- Antropofilia. Último acceso noviembre 2014.
http://www.portalesmedicos.com/diccionario_medico/index.php/Antropofilia
- 26.- Mandal S, Sarkar RR, Sinha S *Malaria Journal* 2011,10:202 Mathematical models of malaria - a review <http://www.malariajournal.com/content/10/1/202>
- 27.- Índice de vegetación de diferencia normalizada
http://es.wikipedia.org/wiki/Índice_de_vegetación_de_diferencia_normalizada
Último acceso noviembre 2014.
- 28.- ¿Qué es el Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index)? Último acceso noviembre 2014.
http://portal.sinavef.gob.mx/documentos/Que_es_NDVI.pdf
- 29.- Measuring Vegetation (NDVI & EVI) Último acceso noviembre 2014.
<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/>
- 30.- Ariza Astolfi C. Parasitología. <http://personal.us.es/cariza/web/para/teoria.htm>
Último acceso noviembre 2014.
- 31.- Gómez Elipse A. Dinámica de la malaria en Karuzi, Burundi 1997–2003: Descripción de la epidemia de 2000–2001 y creación de modelos predictivos de incidencia a través de la asociación con variables medioambientales. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid 2007.
- 32.- Modelo logit. <http://es.wikipedia.org/wiki/Logit> Último acceso noviembre 2014.
- 33.- Hosmer, David W.; Stanley Lemeshow (2000). *Applied Logistic Regression*, 2nd ed. New York; Chichester, Wiley
- 34.- Historia natural de la enfermedad.
http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_natural_de_la_enfermedad Último acceso noviembre 2014.
- 35.- Porcentaje. <http://es.wikipedia.org/wiki/Porcentaje> Último acceso noviembre 2014.
- 36.- Laganger C. What is a basis point (BPS)?
<http://www.investopedia.com/ask/answers/05/basispoint.asp> Último acceso noviembre 2014.
- 37.- Razón (matemáticas) [http://es.wikipedia.org/wiki/Razón_\(matemáticas\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Razón_(matemáticas)) Último acceso noviembre 2014.
- 38.- Rosner B. *Fundamentals of Biostatistics*. 6th edition. Duxbury:Belmont. 2006

- 39.- Artrópodos transmisores de enfermedades. Último acceso noviembre 2014.<http://www.higiene.edu.uy/parasito/teo09/enfart.pdf>
- 40.- Organización Panamericana de la Salud. “Directrices para el tratamiento de la malaria”. Washington. 2011.
- 41.- Forrester J. Diseñando el futuro.
<http://www.clexchange.org/ftp/documents/sdintro/D-4808.pdf>
- 42.- Ferrater J. Diccionario de filosofía. 6ª edición. Barcelona. Círculo de Lectores. 1991
- 43. Kauffman DL. System one. An introduction to system thinking. Minneapolis: SA Carlton Publisher. 1980
- 44.- Parlamento Europeo. <http://www.europarl.europa.eu/news/es/news-room/content/20130905STO18724/html/Acci%C3%B3n-reacci%C3%B3n-decisi%C3%B3n>
- 45.- O’Connor J, McDermont I. Introducción al pensamiento sistémico. Ediciones Urano: Barcelona. 1998
- 46.- Lorenz EN. La esencia del caos. Madrid: Editorial Debate. 1995
- 47.- Aracil J, Gordillo F. Dinámica de Sistemas. Madrid: Alianza Universidad Textos nº 168. 1997
- 48.- Sistema complejo http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_complejo Octubre 2012
- 49.- Cornejo Álvarez, A. Complejidad y Caos. Guía Para La Administración Del Siglo XXI <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/aca/aca.htm> Noviembre 2014
- 50.- Internet Encyclopedia of Philosophy <http://www.iep.utm.edu/milljs/> Octubre 2012
- 51.- Steven Johnson. Sistemas emergentes. O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software. Madrid: Turner. Fondo de cultura económica. 2003.
- 52.- Nicolis G, Prigogine I. La estructura de lo complejo. Madrid: Alianza Universidad nº 784. 1997
- 53.- Susser M. Conceptos y estrategias en epidemiología. El pensamiento causal en ciencias de la salud. México: Fondo de Cultura Económica. 1991
- 54. Aracil J. Introducción a la dinámica de Sistemas. Madrid: Alianza Universidad Textos nº 58. 1983
- 55.- Entropía. <http://www.grupoelron.org/fisicaastronomia/entropia.htm>. Marzo 2014
- 56.- Entropía <http://www.wordreference.com/definicion/entropia>
- 57.- National Library of Medicine - Medical Subject Headings <http://www.nlm.nih.gov>
- 58.- Dinámica. <http://es.wikipedia.org/wiki/Dinámica>
- 59.- Bertalanffy L, Ross Ashby W, Weinberg GM y otros. Tendencias en la teoría general de sistemas. Madrid: Alianza Universidad nº 208. 1987
- 60.- Bertalanffy L. Teoría general de los sistemas. Madrid: Fondo de cultura económica. Primera edición (1976) Tercera reimpresión 1993
- 61.- Wiener, Norbert (1948). Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine. Cambridge: MIT Press
- 62.- Cibernética. Microsoft® Student 2007 [DVD]. Microsoft Corporation, 2006
- 63.- Medical Subject Headings <http://www.nlm.nih.gov>
- 64.- Homeostasis <http://www.wordreference.com/definicion/homeostasis>. Octubre 2012

- 65.- Homeostasis. <http://es.wikipedia.org/wiki/Homeostasis> Noviembre 2014
- 66.- Vensim. Reference Manual. Copyright © 1998-2007 Ventana Systems, Inc. Revision Date: July 4, 2007. <http://www.vensim.com>
- 67.- Greenland S, Pearl J, Robins JM. Causal Diagrams for Epidemiologic Research. *Epidemiology* 1999; 10: 37-48
- 68.- Pearl J. Causal diagrams for empirical research. *Biometrika* 1995; 82: 669-710
- 69.- Richmond B. An Introduction to Systems Thinking (Stella software). Hannover (NH): High Performance System Inc. 2001
- 70.- Izquierdo LR, Galán JM, Santos JI, Del Olmo R. Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*. 2008; 16 (julio-diciembre): 85-112
- 71.- Tamames R. Ecología y desarrollo sostenible. 6ª edición revisada. Madrid: Alianza Editorial Serie AU 198. 1995
- 72.- Morilla García F. Dormido Canto S. Ingeniería de Sistemas. Madrid: Sanz y Torres. 2012
- 73.- Smith DL, Battle KE, Hay SL, Barker CM, Scott TW, McKenzie FE. Ross, Macdonald, and a Theory for the Dynamics and Control of Mosquito-Transmitted Pathogens. 2012 *PLoS Pathogens* (www.plospathogens.org) 8(4) e1002588

ANEXO II

Errores más frecuentes en la investigación de brotes

- Declarar solo los brotes que parecen importantes.
- Mala definición de caso (varias definiciones, pocos atributos)
- Incluir el factor de exposición en la definición de caso.
- No distinguir entre caso confirmado, sospechoso...
- No buscar todos los posibles casos.
- Definir mal la población a riesgo.
- Iniciar el análisis sin un buen descriptivo.
- No tener una buena hipótesis, o aceptar la que alguien nos sugiere.
- Usar una escala inadecuada en la curva epidémica.
- Confundir la fecha de diagnóstico con la fecha de primeros síntomas.
- Hacer mapas sólo por lugar de residencia.
- No usar tasas en la representación en mapas.
- No calcular tasas de ataque para cada una de las características personales.
- Desproporcionadas medidas de control para una hipótesis pobre.
- No asegurarnos que son tomadas las medidas de control.
- Fijarse en la OR sin tener en cuenta el intervalo de confianza.
- No hacer el informe final o hacer uno inadecuado.
- No recoger la información mínima sobre quien informa y lo que informa.
- No darle valor a esta información.
- No contestar al informador.
- No alertar al siguiente nivel.
- Empezar recogiendo muestras.
- Definir mal el tiempo y área geográfica.
- Usar estadísticas complejas antes de usar las básicas.
- Mala definición de caso.
- Mala identificación de los posibles casos.
- Mala definición de la población.
- Calidad de los registros.
- Cambios en clasificación, modas diagnósticas.
- Empezar investigación causal antes de confirmar el exceso de casos.

ANEXO III

Comunicación del Riesgo

El objetivo de la comunicación de riesgos es disminuir la preocupación de la población sobre ciertos riesgos para la salud y llevar el riesgo percibido en línea con el riesgo real. La percepción ciudadana del riesgo es una realidad legítima que debemos aceptar y aprender a manejar mejor entre todos.

Hay tres principios fundamentales en la comunicación de riesgos:

- Las percepciones son realidades: lo que es percibido como real, incluso si no es cierto, es real para la persona y real en sus consecuencias. No se trata sólo de anticipar respuestas a situaciones catastróficas, sino también a posibles “epidemias de miedo” por ello, hay también que vacunar contra la ansiedad.
- Hay que establecer confianza y credibilidad: Cuando estas son bajas, hay que centrarse más en acciones y comunicación que las incrementen y menos en la transferencia de información técnica y hechos.
- La comunicación efectiva de riesgos es una habilidad: Requiere una gran cantidad de conocimiento, preparación y práctica en habilidades necesarias para comunicar a un público diverso.

Las claves de un buen mensaje en este contexto son:

- a) Incluir todos los puntos de vista (por ejemplo grupos de afectados, industria, administración, consumidores, ...)
- b) Ofrecer un tratamiento respetuoso y dar respuesta a todas las partes implicadas;
- c) Los distintos grupos sociales necesitan mensajes diferentes
- d) Hacer una declaración clara desde el principio, de que el objetivo del comunicante es proteger y promover la salud de la población.
- e) claridad y sinceridad sobre qué es lo que se conoce sobre un riesgo específico para la salud y qué es lo que no se conoce.
- f) acceder rápidamente a bases de datos toxicológicas y medioambientales para obtener información basada en pruebas.
- g) Ofrecer oportunidades para el encuentro con personas y grupos afectados siempre que sea posible.
- h) Implicar a grupos de la comunidad afectada en los objetivos del estudio y en su diseño.

Han demostrado su carencia de utilidad actuaciones del tipo: asegurar que no existe ningún riesgo en ausencia de información basada en pruebas científicas; no tener un comunicador único, previamente consensuado; dificultar el acceso a datos de investigaciones previas sobre los riesgos para la salud del factor que ha desencadenado la crisis; caer en la tentación de utilizar estudios inadecuados que sólo conducen a una pérdida de credibilidad.

ANEXO IV

Aspectos específicos según tipo de brote

HEPATITIS A

- Fecha y hora de posible exposición, de los primeros síntomas, de la demanda asistencial, de la comunicación como alerta, de intervención en SP.
- Definición de caso. Definición de casos: primario, coprimario, secundario...
- Referir instrucciones enviadas a las zonas (toma de muestras para confirmación del agente, vacunación a población susceptible, etc.).
- Mencionar reuniones realizadas y con quien.
- Inmunización realizada. Formas de captación, etc.
- Investigación ambiental y alimentaria. En caso de no hacerla especificar causas.
- Si el brote es en una ZNTS debe hacerse una descripción del barrio y de las características socioculturales de la población afectada. Incluyendo un censo de la población expuesta.
- Dificultades encontradas (negativa a colaborar, negativas de los afectados o familiares, fallos en la toma de muestras,...).
- Es importante mapear los casos y presentarlo, ya que puede dar bastante información.
- Medidas adoptadas incluyendo: número de inmunoprofilaxis y de vacunaciones (por edad y sexo).

ENFERMEDADES VACUNABLES Y ENF. MENINGOCÓCICA C

- Fechas y horas de los primeros síntomas, de la demanda asistencial, de la comunicación como alerta, de intervención del dispositivo de salud pública.
- Definición de caso. Definición de casos: primario, coprimario, secundario...
- Vacunación realizada. Formas de captación, etc.
- Estudio de eficacia vacunal si es posible (una clase, centro, etc.).
- Información sobre coberturas vacunales, tipo de vacuna utilizada.
- Toma de muestras (para confirmación del agente, vacunación a población susceptible, etc.).
- Reuniones realizadas. Dificultades encontradas.

TUBERCULOSIS

- Fechas y horas de los primeros síntomas, de la demanda asistencial, de la comunicación como alerta, de intervención en SP.
- Definición de caso. Definición de casos: primario, coprimario, secundario...

- Abordaje del estudio de casos.
- Medidas de control adoptadas.
- Genotipado del bacilo.
- Abordaje en círculos concéntricos del estudio de contactos y resultados del mismo.
- Describir brevemente cómo se realiza el estudio (anillo): quien está en cada círculo (convivientes, colegio, trabajo...).
- Establecer seguimiento de casos y contactos hasta finalización de tratamiento.
- En búsqueda de casos y expuestos habría que incluir un cuadro con el nº de convivientes estudiados, mantoux realizados (positivos, negativos, efecto booster). Recoger los datos de RX, BK y cultivo.
- Incluir en el informe el nº de reuniones informativas/organizativas.
- Recoger los centros de salud implicados en el estudio, y la implicación de varias ZBS e incluso Distritos Sanitarios.
- Dificultades encontradas.

LEGIONELOSIS

- Fechas y horas de los primeros síntomas, de la demanda asistencial, de la comunicación como alerta, de intervención en SP.
- Definición de caso.
- Georreferenciación del caso.
- Referenciación de instalaciones de riesgo.
- Estudio de concordancia analítica de las muestras ambientales y biológicas.

MENINGITIS ASÉPTICA Y OTRAS BACTERIANAS, NO MENINGOCÓCICA

- Fechas y horas de los primeros síntomas, de la demanda asistencial, de la comunicación como alerta, de intervención en SP.
- Definición de caso. Definición de casos: primario, coprimario, secundario...
- Medidas para evitar alarma social.
- Valoración Test de Boyer.
- Genotipado del agente, si procede.

BROTE POR EXPOSICIÓN A TÓXICO

- Fechas y horas de los primeros síntomas, de la demanda asistencial, de la comunicación como alerta, de intervención en SP.
- Inspección del lugar.
- Población receptora y control de exposición.
- Descripción del tóxico. Perfil toxicológico. Antecedentes.

- Ruta de exposición al tóxico: fuente, medios afectados y mecanismo de transmisión, punto de exposición, vía de exposición.
- Analíticas realizadas para conocer el tóxico.
- Medidas de control adoptadas. Dificultades encontradas.

ANEXO V

Patrones de contacto

La metodología expuesta en este ejemplo nos permite estudiar los patrones de contacto entre personas desde dos puntos de vista. El primero *a priori* nos permitirá ver cómo podría extenderse una epidemia en una comunidad a partir de información histórica de otras epidemias. El segundo *a posteriori* nos permitirá explicar a partir de quién se ha extendido una epidemia en nuestra comunidad

La aparición de casos nuevos o casos incidentes o ley de acción de masas por unidad de tiempo en el caso de brotes o epidemias depende de la interacción de varias variables.

1. Tamaño de la población de personas susceptibles. A mayor número de susceptibles mayor número de casos nuevos.

2. Tasa instantánea de incidencia, *hazard rate* o fuerza de la infección que se representa con la letra griega lambda que a su vez depende de:

- 2.1 Tasa de contagio o coeficiente o probabilidad de transmisión que representa con la letra griega beta. Esta tasa de contagio (beta), depende de dos parámetros:

- 2.1.1 Número de contactos por unidad de tiempo.

- 2.2.2 Probabilidad contacto efectivo. Se estima a partir de la tasa de ataque secundario o de modelos probabilísticos: binomiales, de Poisson, modelo de Reed-Frost, etc.

Bajo estas suposiciones la incidencia de una infección podrá aumentar por dos razones: o porque aumente el número de contacto persona a persona o porque aumente la probabilidad de contacto efectivo (35, 37, 38)

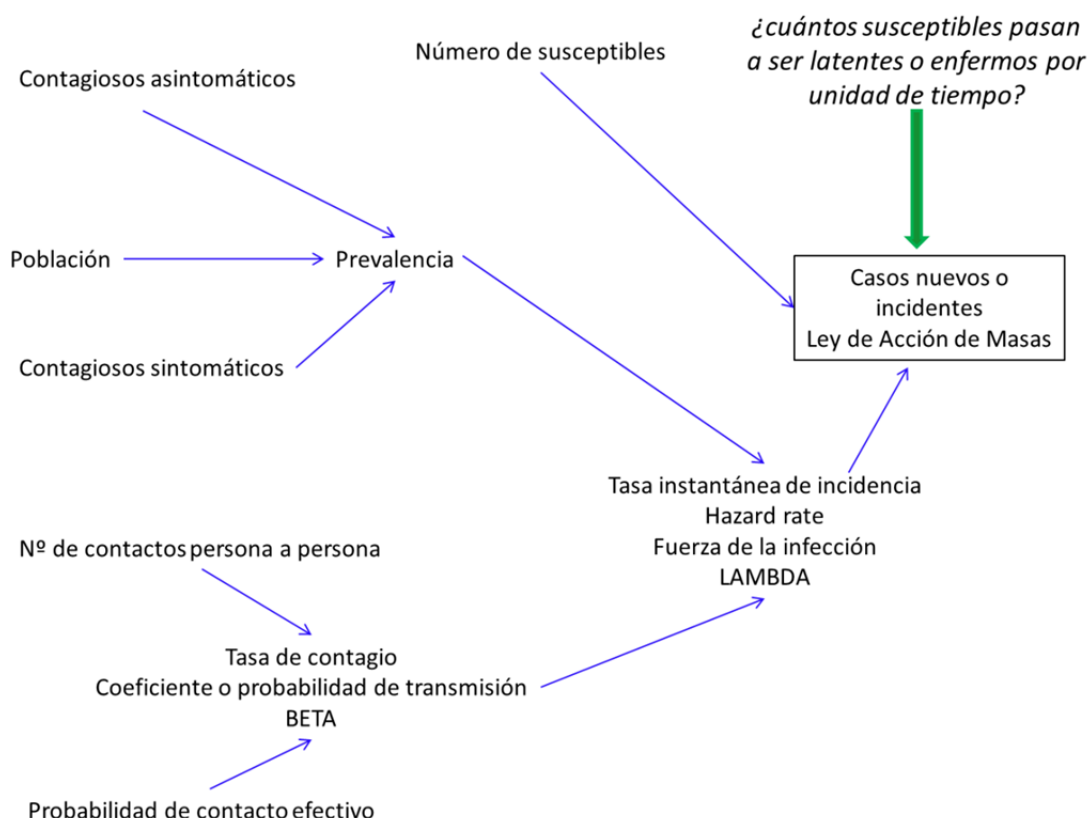
- 2.2. Prevalencia de la enfermedad. La prevalencia mide la probabilidad de tener la enfermedad en un momento dado. Depende de:

- 2.2.1 Contagiosos sintomáticos.

- 2.2.2 Contagiosos asintomáticos.

- 2.2.3 Población en donde están presente los casos

Veamos todos estos conceptos en un diagrama causal.



Los parámetros claves de este modelo son: el número de contacto persona a persona y la probabilidad de contacto efectivo que definen lo que denominamos los **patrones de contactos**. Los patrones de contactos nos indican la forma en la cual contactan los huéspedes y se transmiten las enfermedades en las poblaciones.

Los patrones de contactos se clasifican en (1, 2):

1.- **Homogéneo aleatorio**. Cada huésped tiene la misma tasa media de contacto con otro huésped. Los contactos entre los huéspedes se producen uniformemente con igual probabilidad.

2.- **Heterogéneo no aleatorio**. Los contactos entre huéspedes no son aleatorios, es decir, ocurren con probabilidades distintas. Esto puede deberse a que algunos huéspedes tienen, de media, una mayor tasa de contacto con otros como consecuencia de diferencias sociales, espaciales o de comportamiento. Esta heterogeneidad se puede incorporar en los modelos. A su vez este tipo de contacto puede ser:

a) Interacciones entre grupos similares (**Assortative mixing**) La interacción es más probable que ocurra entre los huéspedes que pertenecen a grupos similares en edad, sexo, comportamiento de riesgo,...

b) Interacción proporcional (***Proportional time mixing***) Los huéspedes de un grupo interaccionan con los huéspedes de otro grupo con una probabilidad que depende del tamaño y de la tasa de contacto que haya entre ellos. Si ambos grupos tienen el mismo tamaño, los huéspedes con mayor tasa de contacto contactarán o serán contactados por otros huéspedes con una mayor probabilidad.

c) Interacciones entre grupos distintos (***Disassortative mixing***) Los huéspedes de un grupo tienen una probabilidad de contacto mayor con los huéspedes de otro grupo que con los de su mismo grupo.

Vamos a ver un ejemplo del patrón homogéneo aleatorio y otro del patrón heterogéneo no aleatorio, específicamente del tipo proporcional (***Proportional time mixing***)

Patrón homogéneo aleatorio

Suponga que tenemos una población de 15.000 personas. La esperanza de vida de esa población es de 70 años y la edad media de aparición de la enfermedad que estamos estudiando es a los 20 años. La proporción de la población enferma (prevalencia observada de la enfermedad) es de 0,12. A partir de observación directa de una muestra de la población sabemos que el número de contactos medio que tiene una persona con otra es de 7 al día. A partir de la información obtenida mediante el estudio de un brote epidémico de esta enfermedad un año antes estimamos una tasa de ataque de 0,18. El período contagioso de la enfermedad es de 5 días.

1.- Si la esta población fuera de un país desarrollado la proporción de susceptibles sería de

Edad de la aparición de la enfermedad / Esperanza de vida de la población

$$20/70 = 0,2857 \rightarrow 28,57\%$$

y el número de susceptibles sería

$$15.000 * 0,2857 = 4.286$$

2.- Si se tratara de un país en vía de desarrollo sería de

$$1 / [1 + (\text{Esperanza de vida de la población} / \text{Edad de la aparición de la enfermedad})]$$

$$1 / [1 + (70 / 20)] = 0,2222 \rightarrow 22,22\%$$

y el número de susceptibles sería

$$15.000 * 0,2222 = 3.333$$

3.- La tasa de contagio o coeficiente de transmisibilidad (***beta***) sería de

Número de contactos * Probabilidad de transmisión de la enfermedad tras un contacto

$$7 \times 0,18 = 1,26$$

Es decir, si una persona enferma tiene 7 contactos al día y la probabilidad de que tras un contacto se transmita la enfermedad es de 0,18 significa que por cada 7 contactos aparecerán 1,26 casos de enfermedad al día.

4.- La tasa instantánea de incidencia, fuerza de la infección o *hazard rate* (*lambda*) sería de

Tasa de contagio * Prevalencia

$$1,26 \times 0,12 = 0,1512$$

Esto es, si el 12 por ciento de la población está enferma y la tasa de contagio (beta) es de 1,26 la velocidad de aparición de la enfermedad sería de 0,1512 casos de enfermedad por persona y día.

5.- Por lo tanto, si conocemos el tamaño de la población y la proporción de susceptibles, tenemos que la Ley de acción de masas o número de casos nuevos de enfermedad por unidad de tiempo sería de

Población * tasa de contagio (beta)

En países desarrollados $0,1512 \times 4.286 = 648$ casos/día

En países en vía de desarrollo $0,1512 \times 3.333 = 504$ casos/día

6.- El número reproductivo básico (R_0) sería

Beta*Período contagioso

$$1,26 \times 5 = 6,30$$

Esto es, cada enfermo será capaz de producir 6,30 casos nuevos de la enfermedad

7.- Umbral epidémico. Número mínimo de personas susceptibles a partir del cual se produce un nuevo ciclo de incremento de la enfermedad.

1/ R_0

$$1/6,30 = 0,1587 \rightarrow 15,87 \text{ por ciento}$$

Si el número de personas susceptibles aumenta por encima de 15,87% se restablece la transmisión del agente y aparece un brote o epidemia de transmisión persona a persona.

8.- Umbral de inmunidad en grupo. Cobertura vacunal mínima para cortar la transmisión de la enfermedad. Siempre que la vacuna sea 100 por cien efectiva.

1-1/Ro

$1 - 0,1587 = 0,8412 \rightarrow 84,12$ por ciento

Si la efectividad de la vacuna fuera del 90 por ciento, la cobertura vacunal mínima sería $0,8412/0,90 = 0,9347 \rightarrow 93,47$ por ciento

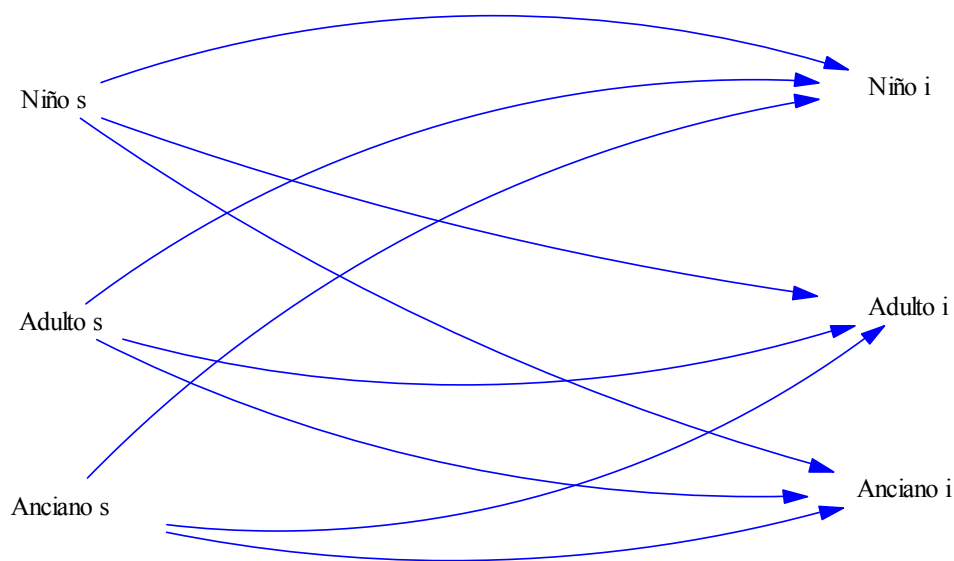
Si la efectividad de la vacuna fuera del 70 por ciento, $0,8412/0,70 = 1,2$. Un cociente mayor de 1 significa que sería imposible detener la transmisión de la enfermedad en la comunidad aunque vacunásemos al 100 por cien de la población

Patrón heterogéneo no aleatorio (*Proportional time mixing*)

Ver **Patrones_contacto_2016.xlsx** en Web $\rightarrow$ **Hoja de cálculos**

Primer paso. Presentación del problema

Tenemos tres grupos poblacionales: niños, adultos y ancianos. Cada población tiene dos tipos: susceptible (s) e infecciosos (i). Para que haya transmisión de la enfermedad debe de haber un contacto entre un susceptible y un infeccioso, por lo tanto tendríamos los siguientes patrones de contactos:



Segundo paso. Descripción de las interacciones entre grupos

En este paso tenemos que medir el número y la duración de los contacto entre los diferentes grupos. Esto lo podemos obtener de dos maneras:

- 1.- Observación directa de los grupos que queremos estudiar y medición del tipo y duración del contacto.
- 2.- Estimación indirecta del tipo y duración de los contactos entre diferentes tipos de personas y lugar donde ocurren. Esta información la podemos obtener a partir de la

Encuesta de Empleo del Tiempo. Esta encuesta ha sido diseñada y realizada por el Instituto Nacional de Estadística en 2002-2003 en 2009-2010 y ha sido actualizada en 2014. En la metodología de esta encuesta encontrará los cuestionarios para la recogida de la información para que los pueda utilizar en estudios particulares de su interés (4,5,6)

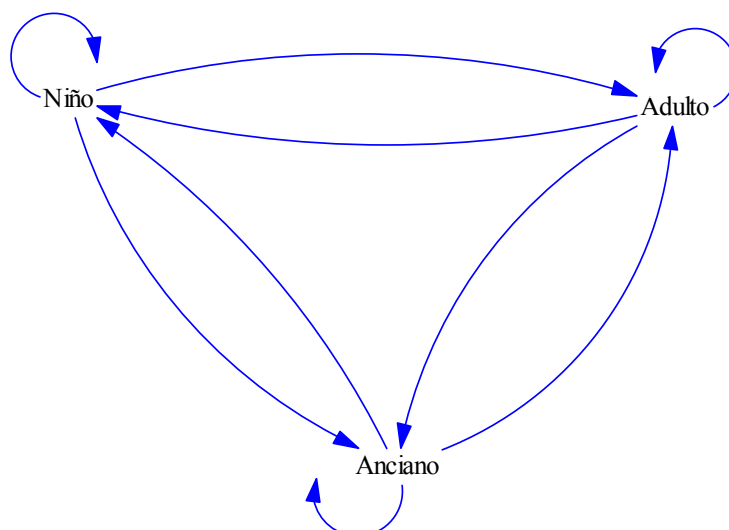
3.- En un futuro podríamos obtener esta información a partir del análisis de los datos procedentes de los teléfonos móviles y GPS asociados a los mismos (*big data*). Nos daría información acerca de dónde han estado las personas, con quién y la duración del contacto.

Supongamos que hemos estudiado en un día una población de 100 personas: 20 niños (20%), 50 adultos (50%) y 30 ancianos (30%) y hemos medido la duración de los contactos entre los grupos

Personas estudiadas	N	%	Interacción entre grupos	Minutos	Horas	Días
Niños	20	20	Niño-Niño	360	6,00	0,25
Adultos	50	50	Niño-Adulto	180	3,00	0,13
Ancianos	30	30	Niño-Anciano	120	2,00	0,08
Total	100		Adulto-Adulto	360	6,00	0,25
			Adulto-Anciano	60	1,00	0,04
			Anciano-Anciano	130	2,17	0,09

Tercer paso. Estimación del número de contactos en cada grupo

Para realizar esta estimación vamos a utilizar el método del “tiempo proporcional de interrelaciones” (*proportionate time mixing*) propuesto por *Zagheni et al* que desarrollamos a continuación



a) Número de contactos niño-niño.

Tamaño población de niños: 20

Proporción de niños en la población: 0,2 (20%)

Tiempo de interacción niño-niño expresado en día: 0,25

Número de contactos niño-niño: $20 \times 0,2 \times 0,25 = 1$ al día

b) Número de contactos niño-adultos.

Tamaño población de niños: 20

Proporción de adultos en la población: 0,5 (50%)

Tiempo de interacción niño-adulto expresado en día: 0,13

Número de contactos niño-adulto: $20 \times 0,5 \times 0,13 = 1,25$ al día

c) Número de contactos niño-ancianos.

Tamaño población de niños: 20

Proporción de ancianos en la población: 0,3 (30%)

Tiempo de interacción niño-anciano expresado en día: 0,08

Número de contactos niño-anciano: $20 \times 0,3 \times 0,08 = 0,5$ al día

Total de contactos de los niños en un día: $1+1,25+0,5 = 2,75$ contactos/día

Tipos de interacciones entre grupos	Número de contactos expresados en día en toda la población (N)			
Niño-Niño	1,00	Total contactos niños al día		2,75
Niño-Adultos	1,25			
Niño-Ancianos	0,50			
Adultos-Niños	1,25	Total contactos adultos al día		8,13
Adultos-Adultos	6,25			
Adultos-Ancianos	0,63			
Ancianos-Niños	0,50	Total contactos ancianos al día		1,94
Ancianos-Adultos	0,63			
Ancianos-Ancianos	0,81			

Cuarto paso. Diseño de la matriz WAIFW (Who Acquires Infection From Whom) ¿Quién adquiere la infección y a partir de quién?

Para el cálculo de esta matriz debemos conocer cuál es la probabilidad de contacto efectivo. Ya hemos visto que corresponde a la probabilidad potencial de que tras un contacto entre un individuo susceptible y uno infectado se transmita la enfermedad. Equivale a la tasa de ataque secundario.

Supongamos que obtenemos la siguiente información a partir de las tasas de ataques observadas en un brote que hubo de esta enfermedad:

Tasa de ataque secundario en niños: 0,1490

Tasa de ataque secundario en adultos: 0,1020

Tasa de ataque secundario en ancianos: 0,009

Con esta información y conociendo el número de contactos estimamos las diferentes tasas de contagios (beta). La tasa de contagio (beta) también se conoce como probabilidad de transmisión que es la probabilidad de que un huésped infeccioso transmita la enfermedad a un huésped susceptible tras un contacto adecuado. Su calcula de la siguiente manera:

a) Niño susceptible (**Niño_s**) contacta con niño infeccioso (**Niño_i**)

Tasa de ataque en niños: 0,1490

Número de contactos niño-niño en un día: 1

Tasa de contagio (beta) niño susceptible-niño infeccioso: $0,1490 \times 1 = 0,1490$

Es decir la probabilidad de que se transmita la enfermedad a un niño susceptible que contacta con un niño infeccioso es de 0,1490 o del 14,9% al día

b) Niño susceptible (**Niño_s**) contacta con adulto infeccioso (**Adulto_i**)

Tasa de ataque en niños: 0,1490

Número de contactos niño-adultos en un día: 1,25

Tasa de contagio (beta) niño susceptible-adulto infeccioso: $0,1490 \times 1,25 = 0,1862$

Es decir la probabilidad de que se transmita la enfermedad a un niño susceptible que contacta con un adulto infeccioso es de 0,1862 o del 18,62% al día

c) Niño susceptible (**Niño_s**) contacta con anciano infeccioso (**Anciano_i**)

Tasa de ataque en niños: 0,1490

Número de contactos niño-ancianos en un día: 0,50

Tasa de contagio (beta) niño susceptible-anciano infeccioso: $0,1490 \times 0,50 = 0,0745$

Es decir la probabilidad de que se transmita la enfermedad a un niño susceptible que contacta con un anciano infeccioso es de 0,0745 o del 7,45% al día

Tasa de contagio (beta) en niños en un día

Tasa de ataque en niños: 0,1490

Número de contactos niños en un día: 2,75

Tasa de contagio (beta) en niños: $0,1490 \times 2,75 = 0,4096$

Es decir la probabilidad de que se transmita la enfermedad a un niño susceptible que contacta con una persona infecciosa (niño, adulto o anciano) 0,4096 o del 40,96% al día

La matriz WAIFW con el total de las tasas de contagio quedaría así:

Matriz WAIFW			
	Niño_s	Adulto_s	Anciano_s
Niño_i	0,1490	0,1275	0,0045
Adulto_i	0,1862	0,6375	0,0056
Anciano_i	0,0745	0,0638	0,0073
Totales	0,4096	0,8288	0,0174

Quinto paso. Diseño de la Matriz de la fuerza de la infección (Lambda)

Para el cálculo de esta matriz debemos conocer cuál es prevalencia de la enfermedad que estamos estudiando en cada uno de los grupos.

Supongamos que obtenemos la siguiente información:

Prevalencia de la enfermedad en niños: 0,15

Prevalencia de la enfermedad en adultos: 0,2

Prevalencia de la enfermedad en ancianos: 0,09

Con esta información y conociendo las tasas de contagios (beta) estimadas anteriormente tenemos:

a) Niño susceptible (**Niño_s**) contacta con niño infeccioso (**Niño_i**)

Prevalencia de la enfermedad en niños: 0,15

Tasa de contagio (beta) niño susceptible-niño infeccioso: 0,1490

Fuerza de la infección (FI_lambda) niño susceptible-niño infeccioso: $0,15 \times 0,1490 = 0,0223425$

Esto es, si el 15 por ciento de la población de niños está enfermo y la tasa de contagio (beta) es de 0,1490 la velocidad de aparición de la enfermedad en un niño susceptible tras contactar con un niño infeccioso sería de 0,0223425 casos de enfermedad por niño y día.

b) Niño susceptible (**Niño_s**) contacta con adulto infeccioso (**Adulto_i**)

Prevalencia de la enfermedad en niños: 0,15

Tasa de contagio (beta) niño susceptible-niño infeccioso: 0,1862

Fuerza de la infección (FI_{λ}) niño susceptible-adulto infeccioso:
 $0,15 * 0,1862 = 0,0372375$

Esto es, si el 15 por ciento de la población de niños está enfermo y la tasa de contagio (beta) es de 0,1862 la velocidad de aparición de la enfermedad en un niño susceptible tras contactar con un adulto infeccioso sería de 0,0372375 casos de enfermedad por niño y día

c) Niño susceptible (**Niño_s**) contacta con anciano infeccioso (**Anciano_i**)

Prevalencia de la enfermedad en niños: 0,15

Tasa de contagio (beta) niño susceptible-niño infeccioso: 0,0745

Fuerza de la infección (FI_{λ}) niño susceptible-anciano infeccioso:
 $0,15 * 0,1862 = 0,00670275$

Esto es, si el 15 por ciento de la población de niños está enfermo y la tasa de contagio (beta) es de 0,0745 la velocidad de aparición de la enfermedad en un niño susceptible tras contactar con un anciano infeccioso sería de 0,00670275 casos de enfermedad por niño y día

Fuerza de la infección (**FI_{λ}**) niño susceptible

Fuerza de la infección (**FI_{λ}**) niño susceptible-niño infeccioso: 0,0223425

Fuerza de la infección (**FI_{λ}**) niño susceptible-adulto infeccioso: 0,0372375

Fuerza de la infección (**FI_{λ}**) niño susceptible-anciano infeccioso: 0,00670275

Fuerza de la infección (FI_{λ}) niño susceptible:

$0,0223425 + 0,0372375 + 0,00670275 = 0,06628275$

Esto es la velocidad de aparición de la enfermedad en un niño susceptible tras contactar con una persona infecciosa sería de 0,0670275 casos de enfermedad por niño y día

La matriz de la Fuerza de la infección (**FI_lambda**) quedaría así:

Matriz FI_Lambda			
	Niño_s	Adulto_s	Anciano_s
Niño_i	0,0223425	0,019125	0,000675
Adulto_i	0,0372375	0,1275	0,001125
Anciano_i	0,00670275	0,0057375	0,000658125
FI_Lambda	0,06628275	0,1523625	0,002458125

Sabemos que la fuerza de la infección es la estimación de la incidencia *per capita* de la enfermedad por persona susceptible, nos mide la velocidad en la que aparecen los casos de enfermedad por unidad de tiempo. Es decir, si la fuerza de la infección que aparece al contactar un niño susceptible con uno infectado es de 0,022345 esto significa que tras ese contacto aparecen 0,022345 casos de enfermedad por niño susceptible y por unidad de tiempo. Por lo tanto, si en nuestra población tenemos a 1.000 niños susceptibles esto significa que aparecerán 22,3425 casos nuevos de enfermedad al día.

Sexto paso. Diseño de la Matriz de Número Reproductivo Básico (R_0)

Para el cálculo de esta matriz debemos conocer cuál es la duración media del período de contagio o infecciosidad de la enfermedad que estamos estudiando en cada uno de los grupos.

Vamos a suponer que es la misma en los tres grupos e igual a 7 días

Podemos estimar R_0 = Tasa de contagio (beta) * duración media de la infecciosidad

Con esta información y conociendo las tasas de contagios (beta) estimadas anteriormente tenemos:

a) R_0 Niño susceptible (**Niño_s**) contacta con niño infeccioso (**Niño_i**)

Tasa de contagio (beta) niño susceptible-niño infeccioso: 0,1490

Duración media de la infecciosidad: 7

$$R_0 \text{ niño susceptible-niño infeccioso: } 7 * 0,1490 = 1,04$$

Esto es cada niño infeccioso producirá 1,04 casos nuevos de enfermedad en niños

b) R_0 Niño susceptible (**Niño_s**) contacta con adulto infeccioso (**Adulto_i**)

Tasa de contagio (beta) niño susceptible-adulto infeccioso: 0,1862
 Duración media de la infecciosidad: 7

R_0 niño susceptible-adulto infeccioso: $7 \times 0,1862 = 1,30$

Esto es cada adulto infeccioso producirá 1,30 casos nuevos de enfermedad en niños

c) R_0 Niño susceptible (**Niño_s**) contacta con anciano infeccioso (**Anciano_i**)

Tasa de contagio (beta) niño susceptible-anciano infeccioso: 0,0745
 Duración media de la infecciosidad: 7

R_0 niño susceptible-anciano infeccioso: $7 \times 0,0745 = 0,52$

Esto es cada anciano infeccioso producirá 0,52 casos nuevos de enfermedad en niños

La matriz de R_0 quedaría así:

Matriz de R_0			
	Niño_s	Adulto_s	Anciano_s
Niño_i	1,04	0,89	0,03
Adulto_i	1,30	4,46	0,04
Anciano_i	0,52	0,45	0,05

Si para que ocurra una epidemia es necesario que $R_0 > 1$ observamos que son los adultos infecciosos los responsables de que la epidemia se transmita en niños (1,30) y en adultos (4,46)

Referencias

- 1.- Longini IM, Koopman JS. Household and Community Transmission Parameters from Final Distribution of Infection in Households. *Biometrics* 1982; 38: 115-126
- 2.- Mishra S, David N Fisman, DN Marie-Claude Boily, MC. The ABC of terms used in mathematical models of infectious diseases. *J Epidemiol Community Health* 2011;65:87e94. doi:10.1136/jech.2009.097113
- 3.- Anderson R, Nokes DJ. Mathematical models of transmission and control (ch. 6.14). In: Detels R, McEwen J, Beaglehole R and Tanaka H.(eds). *Oxford Textbook of Public Health*. New York: Oxford University Press. Fourth edition Volume 2. 2002.
- 4.- Vynnycky E, White RG. *An introduction to infectious disease modelling*. Oxford: Oxford University Press. 2010

5.- Instituto Nacional de Estadística. Empleo del tiempo, conciliación trabajo y familia (actualizado 23 mayo 2014)
http://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259925472964&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios/PYSLayout¶m3=1259924822888

Último acceso noviembre 2014

6.- Bureau of Labor Statistics. American Time Use Survey.
<http://www.bls.gov/tus/> Último acceso octubre 2014.

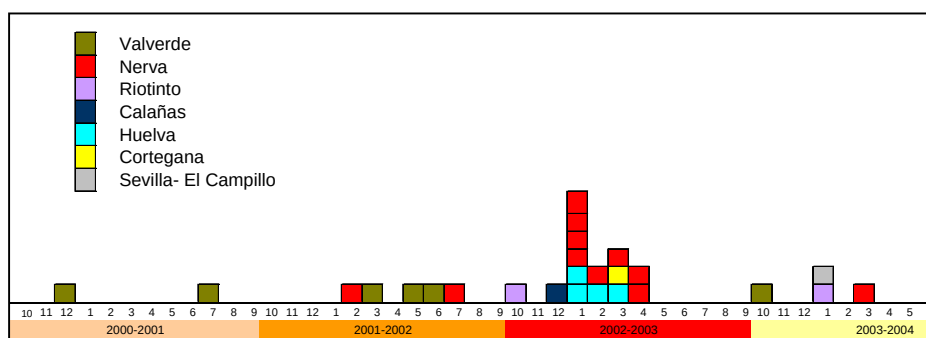
7.- Zagheni E, Billari FC, Manfredi P, Malegaro A, Mossong J, Edmunds WJ. Using time-use data to parameterize models for the spread of close-contact infectious disease. Am J Epidemiol 2008; 168: 1082-1090

ANEXO VI

Modelo gravitacional

La forma más frecuente de analizar un brote epidémico es a través del diseño de estudios observacionales como los estudios de cohortes y de casos y controles y las estimaciones de las RR y OR y sus límites de confianza así como las medidas de impacto. En este anexo presentamos un método alternativo. Presentamos un ejemplo de “social physics” basado en el concepto de gravitación demográfico (Gravity model o Demographic Gravitation)

Antecedentes. La aparición de un brote de ocho casos de enfermedad meningocócica en el municipio de Nerva, provincia de Huelva, durante el primer trimestre de 2003, producido por una variante nueva de *N. meningitidis* B (B:4:P1.19,15 ET-5), permitió detectar una situación epidémica iniciada el año 2000 en Valverde del Camino (Huelva) que se extendió posteriormente a localidades del distrito de Sierra-Andévalo. La duración total del brote fue de 4 años. Este hecho nos permitió hacer un estudio de la difusión espacial de la epidemia.



Curva epidémica de la enfermedad meningocócica por N. meningitidis B:4:P1.19, 15 ET-5. Huelva 2000-2004

Nuestro **objetivo** era identificar el patrón de difusión espacial.

Método. La proximidad de sus localidades, sus relaciones, el número de susceptibles y la estructura demográfica de sus poblaciones determinaron la difusión de la epidemia. Ésta se analizó mediante la aplicación de una modificación de la ley gravitatoria de Newton. Según esta ley la fuerza de la gravedad entre dos planetas F (en nuestro caso entre Valverde y otra población del territorio epidémico FC) es directamente proporcional al producto de la masa de éstos m_1 y m_2 (en nuestro caso poblaciones susceptibles menores de 20 años, H_1 y H_2) dividido por la distancia al cuadrado d^2 (en nuestro caso la distancia en minutos entre ambas poblaciones por vehículo de motor, dm^2). Al valor obtenido lo multiplicamos por la constante de gravitación universal g , en nuestro caso la tasa de contagio de ambas poblaciones, tc_1

Ley de gravitación universal

$$F = \frac{m_1 * m_2}{d^2} * g$$

$$FC = \frac{H_1 * H_2}{dm^2} * tc_1 * tc_2$$

DISTANCIAS (Km)	BERROCAL	CAMPOFRIO	CAMPILLO	GRAN. DE R.	RIOTINTO	NERVA	ZALAMEA	CALAÑAS	CORTEGANA	VALVERDE	HUELVA
BERROCAL		30	22	37	18	14	21	45	64	30	7
CAMPOFRIO	30		16	7,5	12	17	21	46	53	40	8
EL CAMPILLO	22	16		23	4	9	6	32	46	25	7
LA GRANADA DE R.	37	7,5	23		19	24	28	53	54	47	9
MINAS DE RIOTINTO	18	12	4	19		5	9	35	49	28	7
NERVA	14	17	9	24	5		14	40	54	33	8
ZALAMEA LA REAL	21	21	6	28	9	14		26	46	21	6
CALAÑAS	45	46	32	53	35	40	26		50	18	5
CORTEGANA	64	53	46	54	49	54	46	50		65	11
VALVERDE DEL C.	30	40	25	47	28	33	21	18	65		4
HUELVA	76	87	72	93	75	80	68	57	111	46	
T. ESTIM. (min)	BERROCAL	CAMPOFRIO	CAMPILLO	GRAN. DE R.	RIOTINTO	NERVA	ZALAMEA	CALAÑAS	CORTEGANA	VALVERDE	HUELVA
BERROCAL		50	39	58	34	30	33	62	73	41	7
CAMPOFRIO	50		21	10	17	23	27	70	52	42	7
EL CAMPILLO	39	21		29	5	11	7	51	45	23	5
LA GRANADA DE R.	58	10	29		25	31	34	78	47	50	8
MINAS DE RIOTINTO	34	17	5	25		6	10	53	47	25	5
NERVA	30	23	11	31	6		16	60	54	32	6
ZALAMEA LA REAL	33	27	7	34	10	16		43	44	19	5
CALAÑAS	62	70	51	78	53	60	43		88	29	5
CORTEGANA	73	52	45	47	47	54	44	88		60	9
VALVERDE DEL C.	41	42	23	50	25	32	19	29	60		3
HUELVA	73	74	55	82	57	64	51	53	92	36	

[illegible]

Matrices de vectores entre Valverde (origen del brote) y el resto de las poblaciones que componen el territorio epidémico en la que se observa como los vectores fuertes se establecen entre los municipios con casos mientras que los más débiles relacionan los municipios sin casos.



Representación gráfica de la matriz de vectores entre Valverde (origen del brote) y el resto de las poblaciones que componen el territorio epidémico

Conclusiones. El modelo de difusión espacial utilizado ha permitido encontrar una determinación demográfica en la difusión del brote. El patrón marca de forma nítida la difusión de la epidemia en relación al eje de comunicación de la carretera nacional - N 135 - y a la jerarquía urbana de los municipios afectados, la población susceptible y su influencia en las poblaciones vecinas. Esto explica el potencial epidémico y el desplazamiento geográfico de la epidemia desde las poblaciones de mayor jerarquía urbana al resto de localidades del territorio epidémico.

Fuente: Donado Campos J, Martínez J, Soler P, Vega J, Cano R, Fajardo M. L, Guillén J, Rivas F. Aplicación de una modificación de la ley gravitacional de Newton al estudio de

la difusión espacial de un brote de meningitis meningocócica. XXII Reunión Científica de la Sociedad Española de Epidemiología. Cáceres, 27-29 de octubre de 2004

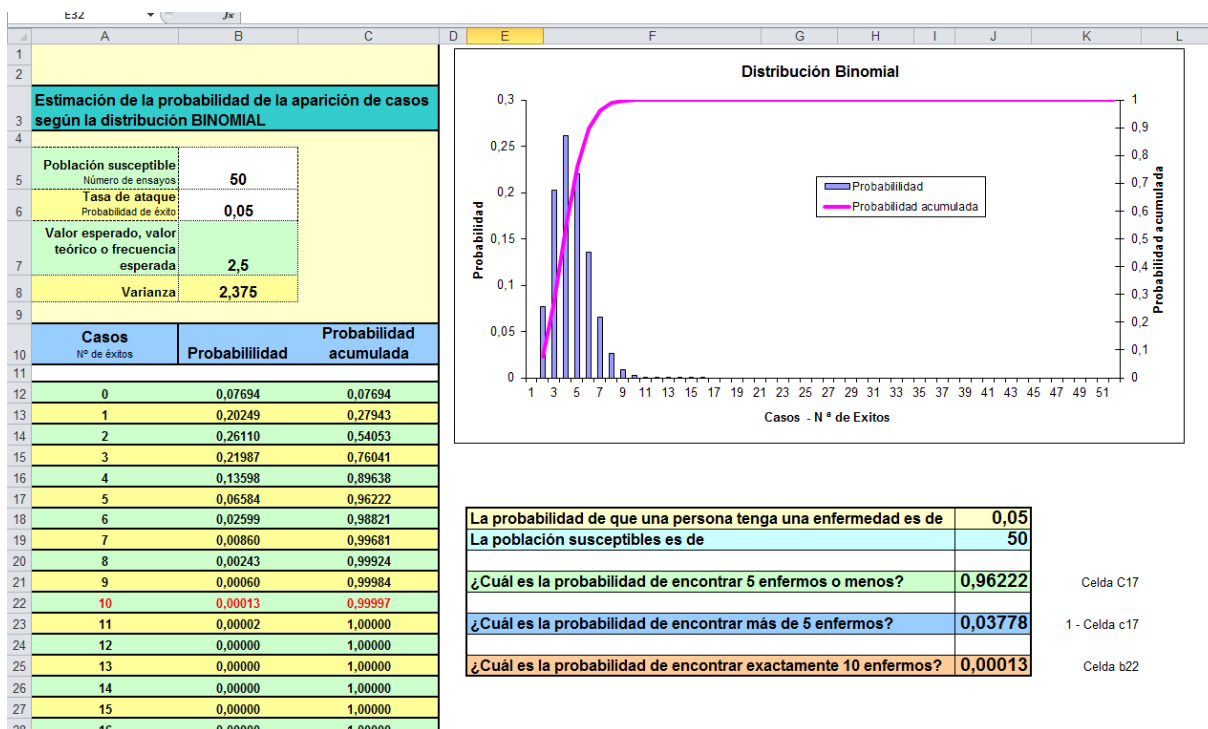
ANEXO VII

Métodos probabilísticos

En este anexo queremos mostrar cómo podemos utilizar los métodos probabilísticos para detectar situaciones de alertas epidémicas. Para ello utilizaremos el método de pregunta-respuesta. Vamos a utilizar la hoja de cálculo **Metodos_probabilisticos.xlsx** que encontrará en la carpeta **Apoyo → Hojas de cálculo**.

1. ¿Cuál es la probabilidad de que al seleccionar **X** personas de una población **Y** estén enfermas sabiendo que la prevalencia de la enfermedad es **Z**? Respuesta: **Distribución binomial**.

Ejemplo: ¿Cuál es la probabilidad de que al seleccionar una muestra de 50 personas de una población 10 estén enfermas si la prevalencia/incidencia de la enfermedad en esa población es del 5 por ciento?



2. Si la prevalencia, tasa de ataque, IA,.. es **Z**, ¿cuál es la probabilidad de encontrar a **Y** personas sanas antes de encontrar **X** personas enfermas? Respuesta: **Distribución binomial negativa**.

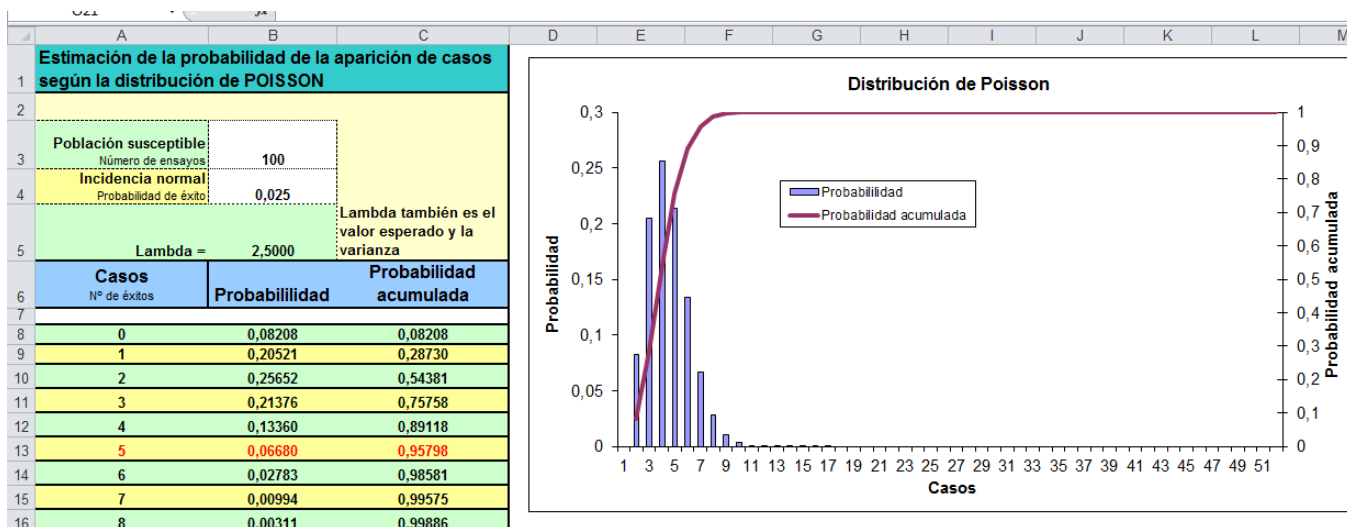
Ejemplo: La tasa de ataque observada en una situación epidémica es de 2,5 por ciento. Seleccionamos una muestra de la población para estimar el número de casos que

podiera haber. ¿Cuál es la probabilidad de que en esa muestra encontremos 5 personas sanas antes de encontrar a 2 personas enfermas?

L27					
1	A	B	C	D	E
2	Estimación de la probabilidad de la aparición de casos según la distribución BINOMIAL NEGATIVA				
3	Si la probabilidad de estar enfermo (tasa de ataque, éxito,...) es	0,025	[p]		
4	la probabilidad de estar sano es	0,975	[q]		
5	¿Cuál es la probabilidad de que veamos	5	personas sanas (o fracaso de la prueba) [x]		
6	antes de que veamos	2	personas enfermas (o éxito de la prueba)? [r]		
7	Probabilidad	0,003304109			
8					
9					

3. ¿Cuál es la probabilidad de que **X** personas tengan una determinada enfermedad si en una población de **N** personas la tienen **Y**? Nota: **N*Y<5**. Respuesta: **Distribución de Poisson**.

Ejemplo. ¿Cuál es la probabilidad de que encontremos en un Centro de Salud a 5 personas enfermas si en la población que está siendo estudiada de 100 personas la tasa de ataque es del 2,5 por ciento?



4. Si la probabilidad de tener la enfermedad/exposición A es **X₁** y la probabilidad de tener la enfermedad/exposición B es **X₂**, ¿cuál es la probabilidad de que si seleccionamos Z personas **Y₁** tengan la enfermedad/exposición A e **Y₂** tengan la enfermedad/exposición B? Nota: **Y₁+Y₂ = Z**. Respuesta: **Distribución multinomial**

Ejemplo: Si en una población el porcentaje de expuestos a la **sustancia A** es del 23 por ciento, a la **sustancia B** es del 34 por ciento y a la **sustancia C** es del 18 por ciento. ¿Cuál es la probabilidad de que si extraemos una muestra de 24 personas de esa

población haya 9 personas expuestas a la sustancia A, 10 personas expuestas a la sustancia B y 5 personas expuestas a la sustancia C?

Estimación de la probabilidad de la aparición de casos según la distribución MULTINOMIAL			
Probabilidad de tener la enfermedad A	0,23	p1	
Probabilidad de tener la enfermedad B	0,34	p2	
Probabilidad de tener la enfermedad C	0,18	p3	
Calcular la probabilidad que			
Tengan la enfermedad A	9	personas (x1)	
Tengan la enfermedad B	10	personas (x2)	
Tengan la enfermedad C	5	personas (x3)	
Total estudiados	24	personas (n)	
PROBABILIDAD	0,000028		

5. Si la probabilidad de tener la enfermedad A es **Z**:

a) ¿Cuál es la probabilidad de al estudiar **X** personas susceptibles aparezca un caso?

b) ¿Cuál es la probabilidad de que estudiemos **X** personas susceptible antes de que aparezca un caso?

Respuesta: **Distribución geométrica**

Ejemplo. Si la tasa de ataque en una situación epidémica es del 5,7 por ciento:

¿Cuál es la probabilidad de que al estudiar 10 personas aparezca un caso? Respuesta $p = 0,03361$

¿Cuál es la probabilidad de que estudiemos a 10 personas susceptibles antes de que aparezca un caso? Respuesta $p = 0,03170$

Estimación de la probabilidad de la aparición de casos según la distribución GEOMÉTRICA		
Probabilidad de que ocurra el evento (éxito, tasa de ataque....)	0,057000000	
Probabilidad de que NO ocurra el evento (éxito, tasa de ataque....)	0,943000000	
Número de personas susceptibles que se estudian o pruebas que se realizan (K)	Probabilidad que tras estudiar K personas susceptibles aparezca un caso, éxito...	Probabilidad de que haya (estudiamos) K personas susceptibles (fallos) antes de que aparezca un caso, éxito...
0	0,06045	0,05700
1	0,05700	0,05375
2	0,05375	0,05069
3	0,05069	0,04780
4	0,04780	0,04507
5	0,04507	0,04250
6	0,04250	0,04008
7	0,04008	0,03780
8	0,03780	0,03564
9	0,03564	0,03361
10	0,03361	0,03170
11	0,03170	0,02989
12	0,02989	0,02818

6. En una población de **X** personas aparecen **Y** casos de enfermedad, ¿cuál es la probabilidad de que aparezcan **W** casos en una muestra de **Z** personas? Respuesta: **Distribución hipergeométrica**

Ejemplo. En una población de 5.000 personas estimamos una tasa de ataque de 1,5 por ciento lo que significa que podríamos tener unas 75 personas enfermas. ¿Cuál es la probabilidad de que si estudiamos una muestra de 100 personas haya 4 casos? ¿Y si la muestra es de 120 o 200 personas?

Estimación de la probabilidad de la aparición de casos según la distribución HIPERGEOMÉTRICA		
Tamaño de la población (N)	5.000	
Casos (éxitos) observados en la población (d)	75	
Tamaño de la muestra (n)	Casos (éxitos) observados en la muestra (x)	Probabilidad de que aparezcan los casos observados en la muestra (X)
100	4	0,0458
120	4	0,0715
200	4	0,1728

7. La Enfermedad A presenta el siguiente porcentaje de síntomas: el X1 por ciento el Síntoma1 y el X2 por ciento presenta el Sintoma2. En esa población se estudia a un determinado número de sujetos que presentan una determinada enfermedad. Entre los sujetos enfermos el XE1 por ciento presentan el Síntoma1 y el XE2 por ciento presentan el Síntoma 2. Cuestiones:

a) ¿Cuál es la probabilidad de presentar algún síntoma y estar enfermo? **Probabilidad Total**

b) Si una persona tiene el Síntoma2, cuál es la probabilidad de que esté enfermo? **Teoremas de Bayes**

Ejemplo. La enfermedad A presenta el siguiente porcentaje de síntomas: el 35 por ciento de la población presenta el Síntoma1, el 32 por ciento presenta el Sintoma2, el 23 por ciento presenta el Síntoma3 y el 10 por ciento presenta el Síntoma 4. En esa población se estudia a un determinado número de sujetos que presentan una cierta enfermedad. Entre los sujetos enfermos el 65 por ciento presentan el Síntoma1, el 58 por ciento presenta el Síntoma2, el 47,50 por ciento presentan el Síntoma3 y el 42,50 por ciento presentan el Síntoma4. Responda a las siguientes cuestiones:

a) ¿Cuál es la probabilidad de NO estar enfermo entre los que tienen el Síntoma4? Probabilidad condicionada, $p = 0,5750$

b) ¿Cuál es la probabilidad de tener el Síntoma2 y estar enfermo? $p = 0,1856$

c) ¿Cuál es la probabilidad de tener algún síntoma y estar enfermo? **PROBABILIDAD TOTAL.** $p = 0,5649$

d) Si una persona presenta el Síntoma3, ¿cuál es la probabilidad de que esté enfermo? **TEOREMA DE BAYES.** $p = 0,1934$

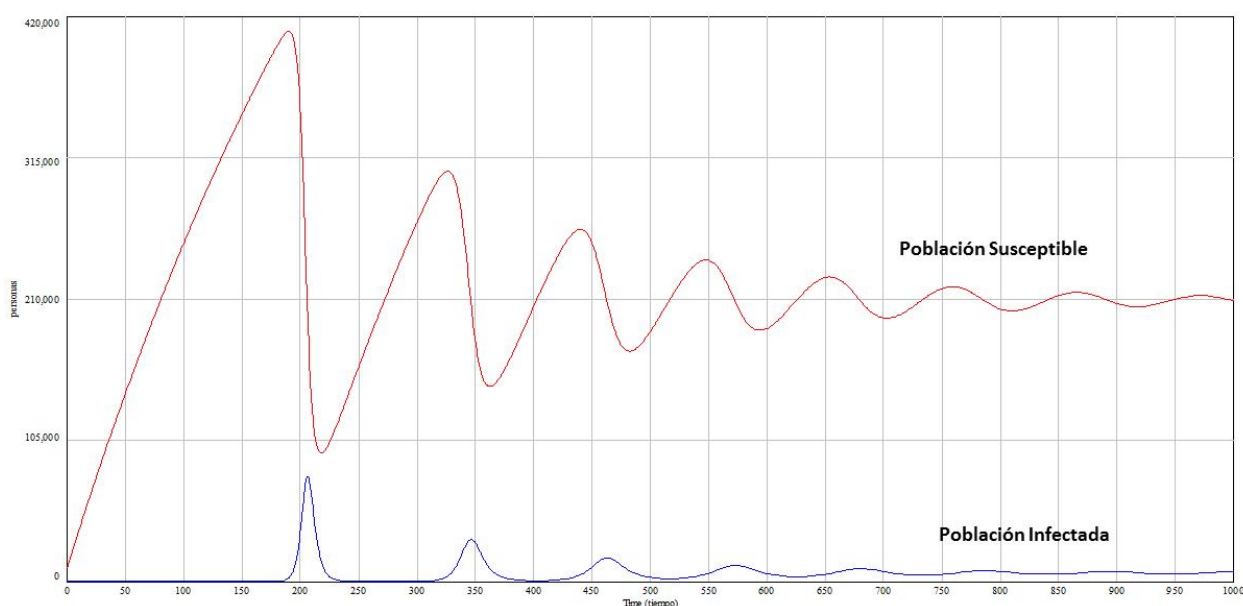
	A	B	C	D	E	F
1	ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD TOTAL Y EL TEOREMA DE BAYES					
2	SINTOMAS	ENFERMEDAD SI	ENFERMEDAD NO	Proporción de personas con...		
3	Síntoma 1 (A)	0,6500	0,3500	0,3500		
4	Síntoma 2 (B)	0,5800	0,4200	0,3200		
5	Síntoma 3 (C)	0,4750	0,5250	0,2300		
6	Síntoma 4 (D)	0,4250	0,5750	0,1000		
7						
8		2,1300	1,8700	1	<--- La suma de la TERCERA columna SIEMPRE debe ser 1	
9						
10	Probabilidad simple					
11	Probabilidad de tener el Síntoma1 p(A):			0,3500		
12	Probabilidad de tener el Síntoma2 p(B):			0,3200		
13	Probabilidad de tener el Síntoma3 p(C):			0,2300		
14	Probabilidad de tener el Síntoma4 p(D):			0,1000		
15						
16	Probabilidad condicionada (I)					
17	Probabilidad de estar enfermo entre los que tienen el Síntoma1 p(E/A):					0,6500
18	Probabilidad de estar enfermo entre los que tienen el Síntoma2 p(E/B):					0,5800
19	Probabilidad de estar enfermo entre los que tienen el Síntoma3 p(E/C):					0,4750
20	Probabilidad de estar enfermo entre los que tienen el Síntoma4 p(E/D):					0,4250
21						
22	Probabilidad condicionada (II)					
23	Probabilidad de NO estar enfermo entre los que tienen el Síntoma1 p(nE/A):					0,3500
24	Probabilidad de NO estar enfermo entre los que tienen el Síntoma2 p(nE/B):					0,4200
25	Probabilidad de NO estar enfermo entre los que tienen el Síntoma3 p(nE/C):					0,5250
26	Probabilidad de NO estar enfermo entre los que tienen el Síntoma4 p(nE/D):					0,5750
27						

	A	B	C	D	E	F
27						
28	PROBABILIDAD TOTAL (I)					
29	Probabilidad de tener el Síntoma1 Y estar enfermo $p(A)*p(E/A)$					0,2275
30	Probabilidad de tener el Síntoma2 Y estar enfermo $p(B)*p(E/B)$					0,1856
31	Probabilidad de tener el Síntoma3 Y estar enfermo $p(C)*p(E/C)$					0,1093
32	Probabilidad de tener el Síntoma4 Y estar enfermo $p(D)*p(E/D)$					0,0425
33	PROBABILIDAD TOTAL. Probabilidad de tener algún síntoma Y estar enfermo $p(TOTAL1)$					0,5649
34						
35	PROBABILIDAD TOTAL (II)					
36	Probabilidad de tener el Síntoma1 Y NO estar enfermo $p(A)*p(nE/A)$					0,1225
37	Probabilidad de tener el Síntoma2 Y NO estar enfermo $p(B)*p(nE/B)$					0,1344
38	Probabilidad de tener el Síntoma3 Y NO estar enfermo $p(C)*p(nE/C)$					0,1208
39	Probabilidad de tener el Síntoma4 Y NO estar enfermo $p(D)*p(nE/D)$					0,0575
40	PROBABILIDAD TOTAL. Probabilidad de tener algún síntoma Y NO estar enfermo $p(TOTAL2)$					0,4352
41						
42	TEOREMA DE BAYES (I)					
43	Si tiene el Síntoma1, ¿cuál es la probabilidad de que esté enfermo? $P(A/E)$					
44	$p(A/E) = p(A)*p(E/A)/p(TOTAL1)$					0,4028
45	Si tiene el Síntoma2, ¿cuál es la probabilidad de que esté enfermo? $P(B/E)$					
46	$p(B/E) = p(B)*p(E/B)/p(TOTAL1)$					0,3286
47	Si tiene el Síntoma3, ¿cuál es la probabilidad de que esté enfermo? $P(C/E)$					
48	$p(C/E) = p(C)*p(E/C)/p(TOTAL1)$					0,1934
49	Si tiene el Síntoma4, ¿cuál es la probabilidad de que esté enfermo? $P(D/E)$					
50	$p(D/E) = p(D)*p(E/D)/p(TOTAL1)$					0,0752
51						
52	TEOREMA DE BAYES (II)					
53	Si tiene el Síntoma1, ¿cuál es la probabilidad de que NO esté enfermo? $P(A/nE)$					
54	$p(A/nE) = p(A)*p(nE/A)/p(TOTAL2)$					0,2815
55	Si tiene el Síntoma2, ¿cuál es la probabilidad de que NO esté enfermo? $P(B/nE)$					
56	$p(B/nE) = p(B)*p(nE/B)/p(TOTAL2)$					0,3089
57	Si tiene el Síntoma3, ¿cuál es la probabilidad de que NO esté enfermo? $P(C/nE)$					
58	$p(C/nE) = p(C)*p(nE/C)/p(TOTAL2)$					0,2775
59	Si tiene el Síntoma4, ¿cuál es la probabilidad de que NO esté enfermo? $P(D/nE)$					
60	$p(D/nE) = p(D)*p(nE/D)/p(TOTAL2)$					0,1321
61						

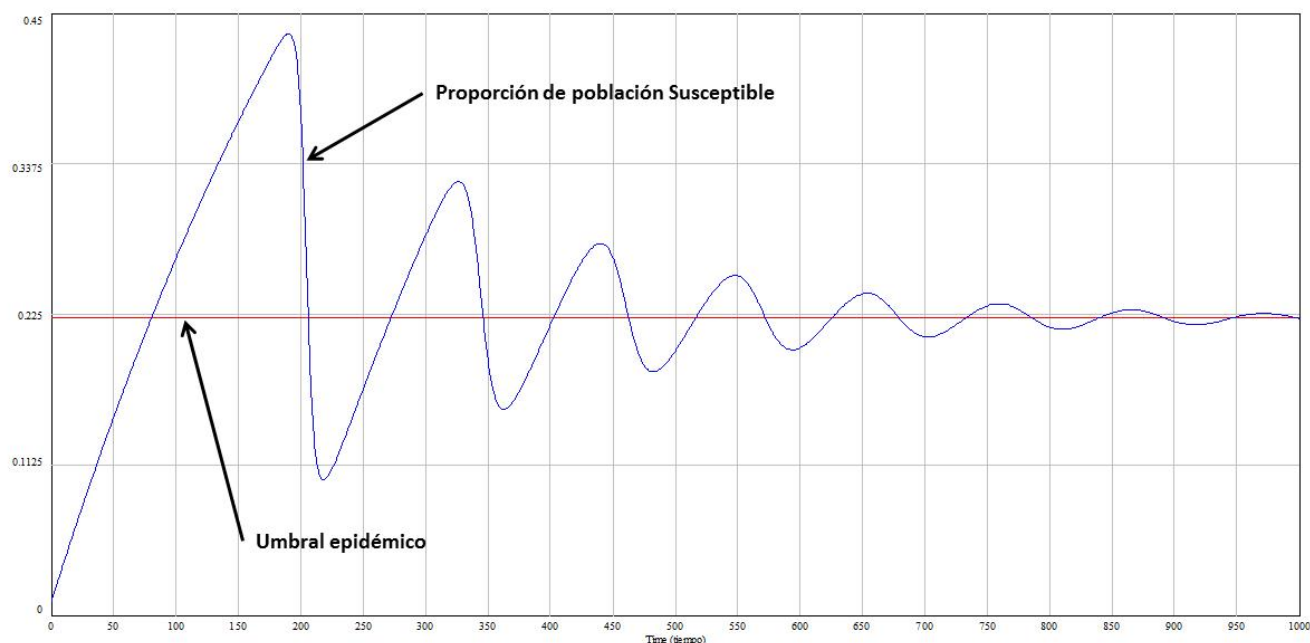
ANEXO VIII

Ondas epidémicas

En este anexo vamos a dar una explicación sobre el porqué algunas enfermedades transmisibles tienen un comportamiento ondulatorio como el que aparece en la figura. También nos servirá para entender por qué aparece un brote o epidemia en un lugar donde aparentemente no ha habido ninguna modificación del medioambiente ni la introducción de un nuevo germen.

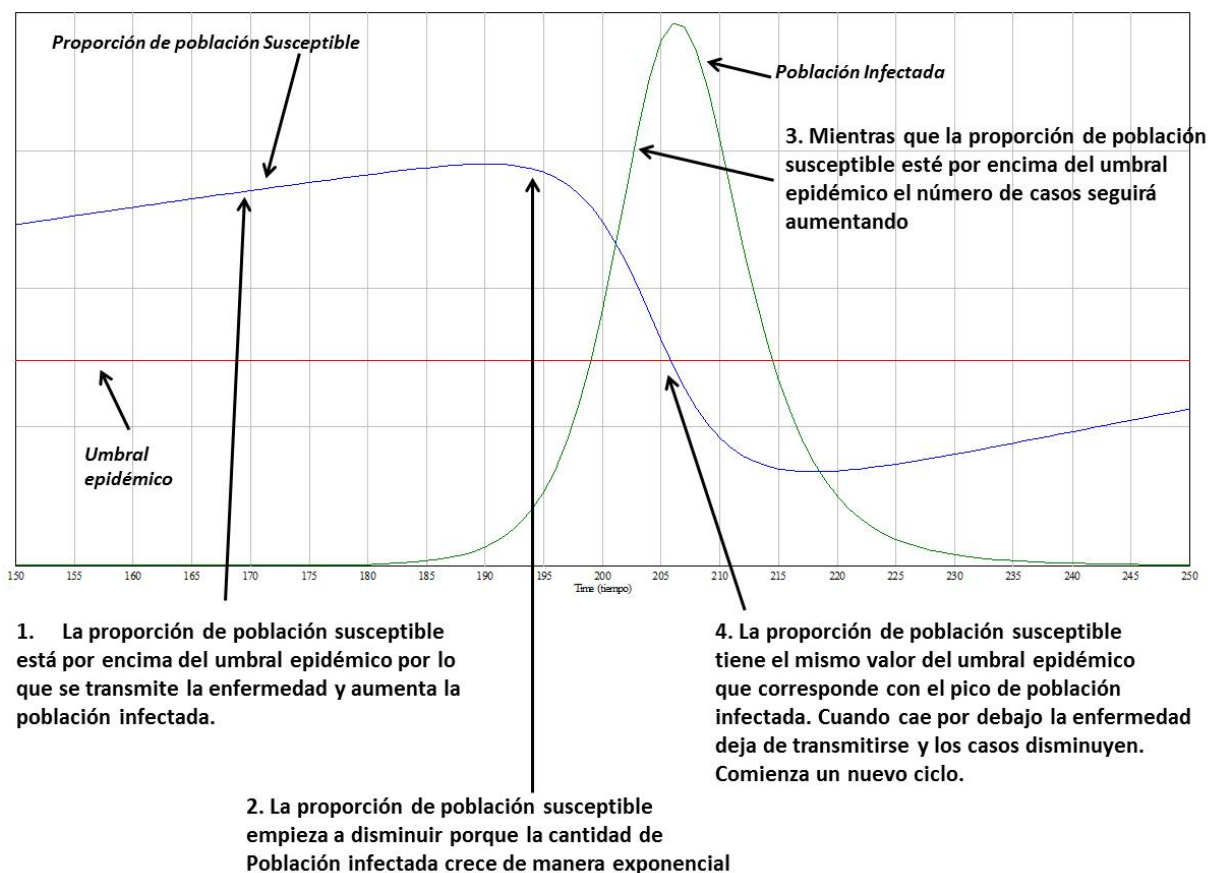


Vamos a suponer que nuestra enfermedad tiene un número reproductivo básico (R_0) de 4,5. ¿Por qué aparece este comportamiento ondulatorio? Para explicarlo vamos a introducir el concepto de **umbral epidémico** que es la proporción mínima de personas susceptibles a partir del cual se produce un nuevo ciclo de incremento de la enfermedad. Es el inverso del número reproductivo básico. Por lo tanto si R_0 es 4,5 el umbral epidémico es $1/4,5 = 0,2222$. Que se interpreta de la siguiente manera: Si el porcentaje de la población susceptible es mayor de 22,22 por ciento la existencia de infectados en la población hace que la enfermedad se transmita de persona a persona y aparezcan nuevos casos de enfermedad. Si el porcentaje de la población susceptible es menor de 22,22 por ciento la enfermedad deja de transmitirse y los casos disminuyen. Esto es debido a lo que se conoce como **inmunidad de grupo o de rebaño (herd immunity)** El porcentaje de población susceptible se estima dividiendo el número de población susceptible por la población total. En el siguiente gráfico observamos el comportamiento de la proporción de población susceptible respecto al valor del umbral epidémico.



Si el porcentaje de la población susceptible es mayor de 22,22 por ciento la existencia de infectados en la población hace que la enfermedad se transmita y aparezcan nuevos casos de enfermedad. El aumento de población susceptible puede deberse a varias razones. Una de ellas es que esta población deje de vacunarse lo que hace que el número de susceptibles aumente a lo largo del tiempo. Si este aumento sobrepasa el umbral epidémico ocurre un brote. Otra razón es que la inmunidad que produce esta enfermedad sea parcial y las personas que han desarrollado la enfermedad vuelven a ser susceptibles al cabo del tiempo. El aumento de susceptibles también puede ocurrir cuando hay un flujo inmigratorio en esa población de personas susceptibles.

En el siguiente gráfico vamos a ver en conjunto ambos gráficos para comprender el comportamiento observado. Para evitar confusiones vamos a utilizar en la escala temporal la duración de la primera onda que ocurre en el periodo 150 – 250.



El complementario del umbral epidémico nos dice cuál es el **umbral de inmunidad de grupo** o **cobertura vacunal** mínima que debe existir en una población para cortar la transmisión. Siguiendo con nuestro ejemplo sería $1 - 0,2222 = 0,7778$. Que se interpreta de la siguiente manera: para cortar la transmisión de la enfermedad en la comunidad la cobertura vacunal mínima debe ser del 77,78%. Obviamente suponiendo que la efectividad de la vacuna es del 100 por cien. Si fuera menor, por ejemplo del 90 por ciento la cobertura vacunal mínima debería ser del $0,7778/0,9 = 0,8642 \rightarrow 86,42$ por ciento. En el caso de que la efectividad fuera del 70 por ciento: $0,7778/0,7 = 1,11$. Un valor del cociente mayor de 1 nos indica que no podríamos cortar la transmisión de la enfermedad aunque vacunemos al 100 por cien de la población.

ANEXO IX

Indicios epidemiológicos de un ataque bioterrorista

- 1.- Único caso de una enfermedad poco frecuente (muermo, viruela, fiebre hemorrágica viral, ántrax respiratorio o cutáneo) sin una adecuada explicación epidemiológica.
- 2.- Cepa de un agente inusual, atípica o modificada genéticamente o con un comportamiento de resistencia a antibióticos.
3. Alta mortalidad o morbilidad asociada a una enfermedad o síndrome común o fracaso en responder a terapias usuales en los pacientes.
- 4.- Presentación inusual de una enfermedad (ántrax respiratorio o peste pneumónica)
- 5.- Presentación de una enfermedad en una distribución geográfica o estacional inusual (tularemia en áreas no endémicas o gripe en el verano)
- 6.- Enfermedades con una endemia estable que presentan un incremento en la incidencia inexplicado (tularemia, peste)
- 7.- Transmisión atípica de enfermedades a través de aerosoles, comida y agua, en un modo que sugieren sabotaje deliberado (sin otra explicación física convincente)
- 8.- La no aparición de enfermedad en personas no expuestas a sistemas de ventilación común (tienen un circuito cerrado de ventilación separado) cuando la enfermedad aparece personas muy cercanas que tienen un sistema de ventilación común y abierto.
- 9.- Coexistencia, sin otra explicación, de varias enfermedades inusuales o inexplicadas en un mismo paciente.
- 10.- Enfermedad inusual que afecta a una gran y dispar población. Por ejemplo, una enfermedad respiratoria en una gran población puede sugerir una exposición a un agente químico o a un patógeno inhalado.

11. Aparición de una enfermedad que es inusual o atípica en una determinada población o grupo de edad (aparición de un brote de erupción parecido al sarampión en adultos.
- 12.- Patrón inusual de enfermedad y muerte en animales (que pueden ser inexplicables o atribuido a un agente de bioterrorismo) que precede o es simultáneo a enfermedad y muertes en humanos.
- 13.- Patrón inusual de enfermedad y muerte en humanos (que pueden ser inexplicables o atribuido a un agente de bioterrorismo) que precede o es simultáneo a enfermedad y muertes en animales.
- 14.- Personas enfermas que buscan tratamiento al mismo tiempo (brote de fuente puntual con una curva epidémica comprimida)
- 15.- Agentes con tipos genéticos similares aislados en diferentes periodos de tiempo o en distintos lugares geográficos.
- 16.- Agregaciones espacios-temporales o enfermedades similares en áreas no contiguas.
- 17.- Gran número de casos inexplicados de enfermedades o muertes.

Fuente: Tradwell TA, Koo D, Kuker K Khan AS. Epidemiologic clues to bioterrorism. Public Health Reports 2003; 118: 92-98

Esta fuente la encontrará en la opción **Bibliografía** de la web

ANEXO X

Lista de verificación para dar respuesta a la aparición de un brote, epidemia o pandemia

En el año 2005 la Organización Mundial de la Salud, OMS, publicó una lista de verificación ante la aparición de una pandemia de gripe para que sus países miembros pudieran constatar si estaban preparados para su aparición. Esta lista se puede utilizar también como forma de verificar si estamos preparados para la aparición de otros tipos de brotes, epidemias o pandemias.

Apartados principales

1. Preparación para una emergencia
2. Vigilancia
3. Investigación y manejo de casos
4. Prevención de la propagación de la enfermedad en la comunidad
5. Preservación de los servicios básicos
6. Investigación y evaluación
7. Ejecución, puesta a prueba y revisión del plan

1. Preparación para una emergencia

¿Existe reconocimiento, a los niveles más altos de gobierno, de la posible repercusión humana, social y económica de una pandemia?

¿Existe el compromiso político y burocrático para prepararse ante tal acontecimiento?

¿Existe una estrategia clara sobre la forma de incorporar a la comunidad en el proceso de planificación?

¿Quién toma las decisiones en el caso de una pandemia de influenza: el primer ministro o el presidente, el ministro de salud u otros ministros, o los funcionarios regionales?

¿Quién aconseja al gobierno sobre las medidas que deben tomarse y cuál es el estado de dicho asesoramiento?

¿Existe una estructura jerárquica para decidir sobre las medidas y ordenar su ejecución? ¿Conocen esta estructura los demás departamentos (de emergencia) nacionales y subnacionales (agricultura y ganadería, política interior y también los departamentos de policía y de bomberos, etc.)? ¿Saben todos qué hacer?

¿Existen modelos o estimaciones nacionales del efecto de una pandemia de influenza en consultorios de medicina general, dispensarios, hospitales y

depósitos de cadáveres de la comunidad? ¿Cómo se verán afectados los servicios básicos por una pandemia?

¿Existe un comité científico para evaluar los riesgos o interpretar los resultados de la investigación y definir su importancia en términos de salud pública?

¿Existe un plan operativo de comunicaciones que aborde todos los niveles, desde el intercambio de información con organizaciones internacionales hasta la información sostenida del sector salud, del sector de atención de la salud y de la población en general del país, sobre el avance y la repercusión de la pandemia?

¿Se tiene una visión de conjunto de los medios de comunicación?

¿Cómo se define la cadena de responsabilidad y quiénes son los portavoces designados?

¿Existe un marco legislativo vigente para el plan de respuesta nacional?

¿Incluye este marco las disposiciones para casos imprevistos, que se relacionan con la prestación de servicios de salud, preservación de servicios básicos y para medidas de salud pública que deban aplicarse?

¿Se han considerado los aspectos éticos de las decisiones políticas?

¿Existe un marco ético fundamental que pueda usarse en la respuesta a un brote, para establecer un equilibrio entre los derechos individuales y los colectivos?

¿Existe un plan de respuesta establecido, que especifique responsabilidades y tareas de organizaciones e individuos, en las diferentes fases de una pandemia?

2. Vigilancia

¿Qué tipo de vigilancia se considera necesaria y factible en el país?

¿Quién debe encargarse de la recopilación y el análisis de datos y quién debe usar la información para la formulación de políticas?

¿Cómo se coordinará el sistema de vigilancia nacional con los sistemas regionales (supranacionales, si existen) y con la OMS?

¿Cuenta el país con un sistema para vigilar la carga estacional de morbilidad por influenza? ¿Cómo se detectará la aparición de una nueva cepa?

¿Existe un sistema para detectar conglomerados atípicos de influenza o de muertes?

¿Es posible intensificar la vigilancia para observar mejor la propagación de una nueva enfermedad y para reconocer los casos en los grupos de riesgo específicos?

¿Qué tipos de observación son posibles (y legales), y quién tendrá la responsabilidad de decidir sobre su ejecución?

¿Quién recopilará e interpretará los datos y divulgará los resultados?

¿Hay necesidad de vigilar la propagación de la pandemia en el país al estar ocurriendo?

¿Con qué objetivo?

En caso afirmativo, ¿cuál sería la manera más sencilla de recopilar los datos necesarios?

3. Investigación y manejo de casos

¿Con qué recursos cuentan los laboratorios nacionales del país para verificar los virus de influenza de animales y seres humanos, incluido un virus nuevo, potencialmente pandémico?

¿Saben los profesionales de la medicina cuáles pruebas deben realizarse y dónde y cómo enviar las muestras?

¿Son compatibles los niveles de bioseguridad de los laboratorios nacionales con la manipulación de las cepas de virus de influenza, incluidas las cepas nuevas de patogenicidad desconocida?

¿Es posible recoger con seguridad en el país, muestras de los casos de animales, aves o personas y organizar su envío rápido a un laboratorio de referencia de influenza de la OMS, capaz de identificar un virus posiblemente nuevo?

¿Cuál puede ser la fuente de infección de un caso presunto?

¿Es el caso contagioso?

Si la respuesta es afirmativa ¿Cómo deben manejarse los contactos posibles?

¿Existen cambios importantes en la comprensión actual de las características epidemiológicas de influenza?

¿Implican estos conocimientos cambios en las medidas vigentes?

¿Quién está a cargo de la investigación epidemiológica?

¿Cómo se expuso esta persona?

¿Es necesario tratarla?

En caso afirmativo, ¿dónde y cómo?

¿Se precisan pruebas complementarias de diagnóstico?

En caso afirmativo, ¿cómo deben tomarse las muestras y transportarse?

¿Conocen las personas con riesgo de infección, especialmente los trabajadores de salud, las principales vías de transmisión?

¿Conocen las medidas de control de las infecciones para prevenir la propagación de la enfermedad y saben cómo aplicarlas?

4. Prevención de la propagación de la enfermedad en la comunidad

¿Sabe el público en general cómo protegerse y cómo contribuir a limitar la propagación de la enfermedad?

¿Se han considerado plenamente las medidas de salud pública que pueden aplicarse en el país para limitar la propagación en la comunidad, como la cuarentena voluntaria u obligatoria?

¿Existe un marco legal para tales medidas?

¿Cuáles son los criterios nacionales para la ejecución y revocación de cada medida específica? ¿Se cuenta con planes logísticos establecidos para la toma de decisiones, ejecución y comunicación de las medidas propuestas?

¿Cuenta el país con los fundamentos teóricos y los recursos para poner en práctica un programa sistemático anual de vacunación?

¿Podría este programa facilitar la distribución o la administración de una vacuna contra la cepa pandémica en caso de una pandemia?

¿Pueden lograrse rápidamente la producción, la concesión de licencias y la distribución de vacunas pandémicas en gran escala cuando se cuenta con medios nacionales de producción?

¿Se encuentra preparado el país para aceptar las vacunas pandémicas, distribuir las y administrarlas a grupos de riesgo preseleccionados?

¿Puede asimismo el país manejar las incertidumbres con respecto a la inocuidad y a la responsabilidad de la vacuna?

¿Tiene el país los recursos para la provisión de medicamentos antivíricos en una pandemia?

En caso afirmativo, ¿se cuenta con una estrategia para optimizar la utilización de la capacidad existente?

5. Preservación de los servicios básicos

¿Cómo afectará una pandemia generalizada a los servicios de salud?

¿Existen planes establecidos de contingencia para hacer frente a la penuria de trabajadores de salud y de medios, como las camas de hospital, en una pandemia?

¿Se han aplicado en cada establecimiento políticas eficaces de control de las infecciones?

¿Cómo afectará una pandemia generalizada a la prestación de los servicios básicos?

¿Se ha decidido quienes son las personas responsables por la preservación de estos servicios? ¿Existen planes de contingencia para hacer frente al esfuerzo adicional de los trabajadores en estos servicios en una pandemia?

¿Son los planes aceptables desde el punto de vista legal y ético?

¿Existe un plan establecido para alcanzar la rápida revitalización del país después de una pandemia?

¿Cuentan los servicios básicos con planes de recuperación?

¿Quién tendría la responsabilidad de prestar apoyo social y psicológico a las familias y a las empresas afectadas?

¿Existe un mecanismo para evaluar las pérdidas económicas y proveer apoyo financiero a los grupos afectados?

6. Investigación y evaluación

¿Cómo puede contribuir el país a la necesidad mundial de conocimientos sobre la influenza pandémica?

¿Existe un sistema vigente para evaluar la eficacia real de las medidas de control con el fin de optimizar su utilización?

7. Ejecución, puesta a prueba y revisión del plan

¿Existe un mecanismo establecido para verificar la ejecución real del plan?

¿Cómo se mide el nivel de ejecución del plan?

¿Se ha puesto a prueba el plan?

¿Se cuenta con un sistema para facilitar la actualización del plan en ausencia de una pandemia y para revisarlo después de los brotes o amenazas de enfermedades equivalentes (el síndrome respiratorio agudo grave o la influenza aviaria en seres humanos)?

Fuente: Organización Mundial de la Salud. Lista de verificación de la OMS del plan de preparación para una pandemia de influenza. WHO/CDS/CSR/GIP/2005.4. 2005

Esta fuente la encontrará en la opción **Bibliografía** de la web

ANEXO XI

Tipos de alertas epidemiológicas por brote o clúster en 2014 y en el periodo 2009–2013. Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Andalucía¹

TIPO DE ALERTA						2014	
	2009	2010	2011	2012	2013		
	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	%
Alerta no confirmada	8	9	9	17	7	17	3,76
Toxi-Infección alimentaria	176	135	165	170	130	171	37,83
Brucelosis	1	2	3	0	2	3	0,66
GEA	41	52	28	29	33	35	7,74
Origen hídrico	2	2	4	1	1	3	0,66
Hepatitis A	41	18	8	16	19	16	3,54
Legionelosis	3	7	7	5	6	8	1,77
Tuberculosis	31	37	56	49	41	59	13,05
Infección nosocomial	28	15	16	25	19	47	10,40
Meningitis linfocitaria	2	0	4	5	3	4	0,88
Enf. meningocócica	0	0	2	0	0	0	0,00
Varicela	1	0	2	4	4	7	1,55
Sarampión	2	1	12	2	0	0	0,00
Parotiditis	4	3	4	5	22	3	0,66
Tos Ferina	0	3	10	4	15	12	2,65
Exposición a tóxicos	13	8	7	6	6	6 ¹	1,33
Conjuntivitis	0	0	3	4	3	1	0,22
Infestaciones	4	7	20	15	12	29 ²	6,42
Otras causas	8	8	16	14	18	31 ³	6,86
Total	367	312	376	371	341	452	100

¹ Monografía sobre el Sistema de Alertas Epidemiológicas de Andalucía. Alertas año 2014. Consejería de Salud. Junta de Andalucía.

Fuente SISTEMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA DE ANDALUCIA.

¹ Intoxicación por: cloro de piscina (1), monóxido de carbono (2), plaguicidas (3).

² Infestación por: escabiosis (24), pediculosis (2), pulgas (4), procesionaria (1).

³ Otras causas: 9 Clusters: (Virus hepatitis C, Anisakiasis, Salmonellosis, Hepatitis tóxica, E. Coli, patología ocular, fiebre Q, criptosporidiosis, GEA), Síndrome boca mano pie (4), dermatitis (2), con (1) los siguientes: brote de gripe, paludismo, FOD, Tiña, GEA, Escarlatina, picaduras garrapatas, adenovirus, criptosporidiosis, leptospirosis, golpe de calor (1), Fiebre Recurr por garrapatas, Eritema infeccioso, histaminosis.

GEA. Gastroenteritis aguda

ANEXO XII

Sistemas y redes de vigilancia y alertas de la Administración General del Estado (AGE) con las que se establecen acuerdos de comunicación al CCAES en caso de detección de eventos de salud pública de importancia nacional o internacional.

Nombre de la Red	Acrónimo	Nodo coordinador a nivel nacional	Ámbito de actuación
Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo	SINAC	SGSASL	Zonas de abastecimiento y control de la calidad del agua de consumo humano
Sistema de intercambio rápido de información sobre productos químicos	SIRIPQ	SGSASL	Riesgo para la salud producidos por sustancias o preparados químicos
Red Estatal de Hemovigilancia		SGPSyE	Reacciones y efectos adversos graves relacionados con la sangre y sus componentes.
		SGSE	Alertas sanitarias relacionadas con puntos de entrada
Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica	RENAVE	CNE-ISCIII	Enfermedades transmisibles
Red de Laboratorios de Alerta Biológica	RE-LAB	ISCIII	Amenazas por agentes biológicos peligrosos
Sistema Coordinado de Intercambio Rápido de Información	SCIRI	AESAN	Cualquier riesgo o incidencia que, relacionado con los alimentos, pueda afectar a la salud de los consumidores.
Red de Alerta Sanitaria Veterinaria	RASVE	MAGRAMA	Situación sanitaria veterinaria e incidencias epidemiológicas de los animales. Epizootias y Zoonosis
Sistema de Alerta Temprana sobre sustancias psicoactivas		DGPNSD	Nuevas sustancias psicoactivas
Sistema de Alerta Rápida para Productos No-Alimentarios	RAPEX*	INC	Productos que puedan poner en peligro la salud y la seguridad de las personas.
Sistema Estatal de Farmacovigilancia Humana	SEFV-H	AEMPS	Efectos adversos de los medicamentos de uso humano
Plan Básico de Emergencia Nuclear	PLANBEN	CSN	Emergencia nuclear del nivel de respuesta exterior. Situaciones de grave riesgo colectivo, catástrofe o calamidad pública que puedan derivarse de accidentes en centrales nucleares en operación, o en parada mientras almacenen combustible gastado.

* RAPEX es una Red Europea. En España se crea un sistema estatal de intercambio rápido de información, en forma de red, integrado en el sistema europeo de alerta RAPEX (R.D. 1801/2003, de 26 de diciembre, sobre seguridad general de los productos).

Fuente: SISTEMA DE ALERTA PRECOZ Y RESPUESTA RÁPIDA.

Esta fuente la encontrará en la opción ***Bibliografía*** de la web

AESAN: Agencia Española de Seguridad Alimentaria
AEMPS: Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios
CEN: Centro de Enlace Nacional del SIAPR
CNE: Centro Nacional de Epidemiología
CNM: Centro Nacional de Microbiología
CSN: Consejo de Seguridad Nuclear
DGPNSD: Delegación del Gobierno para el Plan Nacional sobre Drogas
DGSPCI: Dirección General de Salud Pública, Calidad e Innovación
INC: Instituto Nacional de Consumo
INTCF: Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses
ISCIII: Instituto de Salud Carlos III
MAGRAMA: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
PLABEN: Plan Básico de Emergencia Nuclear
RAPEX: Sistema de Alerta Rápida para Productos No-Alimentarios
RASVE: Red de Alerta Sanitaria Veterinaria
RE-LAB: Red de Laboratorios de Alerta Biológica
RENAVE: Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica
SCIRI: Sistema Coordinado de Intercambio Rápido de Información
SEFV-H: Sistema Estatal de Farmacovigilancia Humana
SGPSyE: Subdirección General de Promoción de la Salud y Epidemiología (DGSPCI)
SGSASL: Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral (DGSPCI)
SGSE : Subdirección General de Sanidad Exterior (DGSPCI)
SIAPR: Sistema de Alerta Precoz y Respuesta Rápida
SINAC: Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo
SIRIPQ: Sistema de intercambio rápido de información sobre productos químicos

ANEXO XIII

Fases de evaluación a realizar por los dispositivos de Salud Pública ante una alerta por accidente con sustancia tóxica

1. Evaluación de la información existente sobre el sitio del incidente y primera visita.

- Física, geográfica, demográfica, usos de suelo y recursos, operacional, temporal (histórica). Datos sobre salud.

2. Identificación de las preocupaciones de la comunidad afectada.

- Contactos con otros organismos, líderes de la Comunidad, medios de comunicación locales.
- Establecer un Plan de Comunicación.

3. Selección de los contaminantes de interés asociados a la Zona contaminada.

- Muestreo ambiental.
- Contaminantes encontrados (o esperados).
- Revisión de los valores.
- Revisión analítica y muestreo.
- Comparación con estándares.
- Perfiles toxicológicos de los contaminantes.

4. Identificación y evaluación de las rutas de exposición completas y potenciales.

- Fuente del contaminante.
- Medio y mecanismos de transporte ambiental.
- Puntos y rutas de exposición humana.
- Población receptora.

5. Determinación de las implicaciones sobre la salud de la comunidad afectada

- Evaluación toxicológica.
- Evaluación de datos sobre efectos en la salud.
 - Asegurar que ha existido exposición
 - Estimar la población expuesta
 - Identificar los posibles efectos
 - Seleccionar los efectos a evaluar
 - Identificar las fuentes de información
- Evaluación de las preocupaciones de la comunidad por su salud

6. Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

- Medidas de Salud Pública. Posibles propuestas:
 - Asesorías en Salud Pública
 - Nuevas determinaciones ambientales
 - Estudios de exposición con indicadores biológicos (marcadores).
 - Investigación en salud comunitaria para caracterizar la población en riesgo
 - Programa de educación para la salud que ayude a los residentes a comprender su potencial de exposición.
- Medidas de prevención
- Medidas de solución de la contaminación ambiental.

7. Acciones posteriores.

- Estudios epidemiológicos necesarios para completar la valoración de los efectos en la salud agudos o crónicos.
- Sistema de registro de expuestos.

Fuente: Protocolo de intervención ante alerta por accidente con sustancia tóxica. Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Andalucía. Consejería de Salud. Junta de Andalucía.

Esta fuente la encontrará en la opción ***Bibliografía*** de la web

ANEXO XIV

BROTE PSICOGENO DE MASAS

Los episodios de la enfermedad psicógena de masas, también conocida en el pasado como brotes de histeria, se han definido como la aparición en un grupo de personas, de una constelación de síntomas físicos, indicativos de patología orgánica pero que son debidos a causas psicológicas.

El término que se usa actualmente es el de enfermedad psicógena de masas en lugar de brotes de histeria, dado que esta nomenclatura puede ser considerada peyorativa o incluso insultante por la población afectada.

La mayoría de los brotes de estas características (60% en la bibliografía anglosajona), han ocurrido en centros escolares; estudios prospectivos han mostrado una incidencia de un brote al año por cada 1.000 colegios. Se han descrito igualmente en el medio laboral.

Dejando los casos de enfermos individuales al margen, hay situaciones particulares en las que un colectivo dado o bien la agregación de una serie de sujetos conforman un cuadro semejante al de un brote epidémico pero sin agente causal plausible (o por completo ausente) y con una expresión clínica imprecisa.

Estas situaciones, en las que un trastorno inespecífico y colectivo no tiene vinculación con hallazgos objetivos o bien no puede explicarse biológicamente, pueden considerarse un caso particular de *“enfermedad psicógena de masas”*, *“mass sociogenic illness”* o *“mass psychogenic illness”* en la literatura médica en inglés.

Es necesario diferenciarlas de los episodios de afectación ficticia o de los ataques de pánico que son materia de atención psiquiátrica específica. Este caso particular de histeria colectiva se describe con frecuencia en ámbitos laborales y escolares. En dichos episodios característicamente unas personas presentan las molestias y otras suelen ser las que expresan la preocupación.

Son fenómenos que ocurren con cierta frecuencia pero que con dificultad aparecen reflejados en los propios medios científicos. Aun así en la última década podemos encontrar publicados varios ejemplos con las características previamente descritas de brotes desencadenados por olores a gasolina o a gas en colegios o por ingesta de bebidas refrescantes. Por ejemplo se ha descrito en nuestro medio un brote relacionado con efectos adversos relacionados con la vacunación en un centro escolar.

Estos brotes se inician generalmente por un desencadenante o estresor. Dicho estresor puede ser un hecho puntual, o bien puede ser la existencia de un malestar social prevalente o cualquier otro tipo de situación insatisfactoria en el grupo que genere y de pie a la diseminación de rumores. Si el desencadenante es puntual suele

ser más fácil identificarlo, pero no así cuando se trata de una presión crónica que afecta a un colectivo.

Por otro lado, las epidemias o intoxicaciones verdaderas pueden tener un comportamiento inusual y manifestarse con un espectro de características extraño. Por lo tanto, incluso si un episodio reúne los criterios de enfermedad psicógena de masas, debe estudiarse técnicamente a fondo y descartarse las posibles enfermedades clínicas reales. De la misma manera y con el mismo rigor, en aquellas situaciones donde se detecte un determinado agente ambiental, químico, físico o biológico no debe automáticamente asumirse que esa sea la causa. No hay un criterio aislado que pueda considerarse patognomónico de enfermedad psicógena de masas y deben verificarse siempre todas aquellas variables ambientales, sociales, psicológicas, clínicas o bien epidemiológicas de interés.

Las características identificadas como distintivas de estas epidemias psicógenas son:

- Exclusión de causa orgánica específica por ausencia de alteraciones en exploración física y resultados de laboratorio.
- Transmisión de la enfermedad por los sentidos (vista, oído) sea directamente, o a través de los medios de comunicación (los casos han visto otros casos).
- Ausencia de enfermedad en otras personas “expuestas”.
- Presencia de hiperventilación o síncope.
- Predominio en adolescentes y preadolescentes.
- Morbilidad benigna.
- Rápida difusión.
- Rápida remisión de los síntomas.
- Procesos recurrentes.
- Estrés físico o psicológico previo.

Ante estos episodios, están **recomendadas las siguientes medidas**:

A.- Detectar, comunicar e intervenir rápidamente para esclarecer lo antes posible la situación, y poder responder a los profesionales, población y medios de comunicación.

B.- La separación inmediata de los individuos afectados o expuestos (evitar el contacto visual y la comunicación entre ellos).

C.- Explicación clara y rotunda al resto del grupo de la naturaleza psicógena del episodio, de la benignidad de los síntomas y exclusión de causas tóxicas (en el momento que se tengan indicios claros de lo que se trata).

D.- Interrupción inmediata de los estudios medioambientales y de laboratorio en el momento que se evidencie la causa psicógena.

Fuente: Protocolo de actuación en situaciones de crisis de salud pública. Consejería de Salud. Junta de Andalucía

ANEXO XV

ALERTAS POR ENFERMEDADES EMERGENTES Y REEMERGENTES

Hoy en día aparecen nuevos desafíos y oportunidades en cuanto a la prevención de la propagación internacional de las enfermedades como se reflejan en las revisiones del Reglamento Sanitario Internacional (RSI). El primer RSI definía seis «enfermedades cuarentenables», fue modificado posteriormente para reducir de seis a tres el número de enfermedades comprendidas (fiebre amarilla, peste y cólera) reflejando así la erradicación mundial de la viruela y el control del tifus exantemático y las fiebres recurrentes. El RSI vigente, actualizado en 2005, no se limita a tal o cual enfermedad o modalidad de transmisión en concreto, sino que abarca «toda dolencia o afección médica, cualquiera sea su origen o procedencia, que entrañe o pueda entrañar un daño importante para el ser humano» y obliga a los estados a notificar a la OMS los eventos que puedan constituir una emergencia de salud pública de importancia internacional de acuerdo con criterios definidos.

El concepto de Enfermedades Infecciosas Emergentes fue acuñado en 1992 por el Instituto de Medicina de los EEUU, para referirse a las enfermedades infecciosas descubiertas en los últimos años (como el Ébola, el SIDA, la enfermedad de Creutzfeldt-Jacob o el SARS) y a las ya conocidas consideradas controladas cuya incidencia se ha incrementado en las dos últimas décadas o amenaza incrementarse en el futuro. Así el término englobaría:

Enfermedades nuevas o de reciente aparición, no conocidas anteriormente,

Enfermedades ya conocidas en cuanto a sus agentes pero que han aumentado su incidencia, han adquirido mayor gravedad o se han extendido a regiones geográficas en las que antes no existían

Enfermedades anteriormente conocidas y que se habían controlado y cuya frecuencia, morbilidad o mortalidad se encuentra en la actualidad en constante aumento.

Factores intervinientes en la emergencia de estas enfermedades:

La emergencia o reemergencia de enfermedades infecciosas está condicionada por la interacción de una gran variedad de factores ligados al agente infeccioso, a sus vectores o a sus hospedadores humanos o animales:

1. Modificaciones del agente infeccioso o el vector:

Los microorganismos tienen la capacidad de evolucionar y adaptarse a los cambios en su ambiente, por mutación o recombinación genética y selección natural. Pudiendo aparecer nuevas variantes de gérmenes ya conocidos o cambios en su expresión

antigénica y por tanto aumentar su contagiosidad, o su expresión y gravedad clínica, o su respuesta a vacunas y tratamientos.

La adquisición de mecanismos de resistencia a medicamentos antibióticos, antivirales o antiparasitarios es un ejemplo particularmente preocupante de adaptación microbiana al entorno.

Igual que los microorganismos los vectores poseen la capacidad de adaptarse por evolución y aumentar así su resistencia a los pesticidas, introducirse en nuevos ecosistemas o presentar cambios en su capacidad como vector.

2. Modificaciones en los ecosistemas:

Los cambios medioambientales sean de origen natural (inundaciones, sequías) o humano provocan cambios en la interacción con los animales o las plantas y pueden crear nuevas condiciones biológicas favorables para la transmisión al ser humano de agentes infecciosos nuevos o conocidos.

Podemos citar:

A) El cambio climático afectará a la salud humana directamente por efectos fisiológicos de eventos climáticos extremos o indirectamente por alteración de los comportamientos humanos o de la transmisión de los patógenos. Se prevén modificaciones en enfermedades de transmisión vectorial por garrapatas, mosquitos o flebótomos, como resultado de los cambios de temperatura, precipitaciones o humedad que afectan su distribución geográfica, comportamiento, estacionalidad y tamaño de las poblaciones de vectores, así como a la de los hospedadores intermediarios o la de los reservorios naturales. Al aumentar la temperatura del agua, por ejemplo, las larvas de mosquitos maduran en menos tiempo y, en consecuencia, aumenta el número de crías durante la estación de transmisión. A mayor temperatura ambiental el ciclo biológico en el artrópodo se acelera, disminuyendo así el tiempo que tarda el artrópodo en ser infectante. Un aumento de las precipitaciones podría aumentar el número y la calidad de las zonas en las que crían los mosquitos, así como la densidad de cierta vegetación que les es propicia para su desarrollo y reproducción.

B) La deforestación masiva favorece el contacto entre humanos y arbovirus enzooticos, anteriormente confinados en el interior de las selvas tropicales.

C) La construcción de canales, presas o sistemas de regadío puede altera el ecosistema natural permitiendo la introducción de vectores.

D) Las granjas de ganadería intensiva de aves, cerdos, rumiantes o peces han sido el origen en las últimas décadas de brotes epidémicos como la gripe H5N1 en China, la gripe H1N1 en México o la Fiebre Hemorrágica de Venezuela.

E) La globalización del comercio. Es conocido como el comercio intercontinental de neumáticos usados favoreció la expansión geográfica de *Aedes albopictus*, incluida su

introducción en Europa. El comercio de productos alimenticios también puede favorecer el riesgo de transmisión de enfermedades.

3. Modificaciones en el hospedador:

Pueden producirse cambios en la susceptibilidad a las infecciones o en las relaciones sociales o con el medio ambiente.

A) El aumento de la susceptibilidad del hospedador puede producirse por inmunosupresión, por disminución de las coberturas vacunales o por reintroducción de una enfermedad en poblaciones que han perdido la inmunidad natural adquirida.

B) Los cambios en la demografía como el aumento de la población mundial y su desplazamiento del medio rural al urbano. La mayor parte de estas megalópolis se hallan en zonas de alta biodiversidad animal y a menudo con déficits en las condiciones sanitarias y de acceso a los servicios de salud, factores que favorecen la transmisión de enfermedades infecciosas.

C) El desplazamiento de la población y la globalización de las migraciones pueden modificar el escenario de una enfermedad como ha ocurrido con el Dengue en Latinoamérica que ha pasado de ser una enfermedad confinada al medio rural a ocupar el medio urbano y otros continentes.

D) Los modelos de uso y gestión del territorio han demostrado que afectan a la distribución geográfica de los vectores y a su capacidad de transmisión de enfermedades.

E) Los factores socioeconómicos son esenciales en este tipo de enfermedades vinculadas frecuentemente a la pobreza. Valgan como ejemplos:

F) Cambios en los comportamientos sociales pueden favorecer la emergencia o reemergencia de enfermedades infecciosas. El aumento de los viajes internacionales, especialmente a destinos tropicales, ponen al hospedador en contacto con gérmenes que su sistema inmunitario no reconoce.

Enfermedades transmitidas por vectores. Véase la entrada *Historia natural de la enfermedad transmitida por vectores en el Glosario, Anexo I*

Las enfermedades transmitidas por vectores se definen como aquellas infecciones transmitidas entre animales vertebrados pequeños e insectos al hombre y viceversa. Los agentes infecciosos involucrados incluyen virus, bacterias, parásitos y hongos. Los mecanismos de transmisión son muy variados y en ocasiones complejos.

En los últimos años hemos asistido a la expansión en el continente europeo de nuevos vectores potenciales como el mosquito tigre (*Aedes albopictus*) en la costa del Mar Mediterráneo, incluyendo España o la garrapata común (*Ixodes ricinus*) y a brotes con transmisión autóctona de enfermedades que hasta hace poco se creían confinadas a climas tropicales o subtropicales (Fiebre por Virus Chikungunya en Italia, Dengue en la

isla de Madeira, Fiebre del Nilo Occidental en Grecia, España y Portugal, Malaria en Grecia, la aparición de numerosos casos importados por la enfermedad por virus Zika, y recientemente casos en España de Fiebre de Crimea–Congo, transmitido por garrapatas.

Clasificación de enfermedades emergentes transmitidas por vectores

Tabla. Clasificación de enfermedades emergentes transmitidas por vectores.

Vector		Enfermedad	Patógeno	Vector en nuestro medio
ET* por mosquitos	Aedes spp. (Ae.aegypti, Ae.albopictus)	Dengue	Arbovirus Flavivirus/Flaviviridae	Sí
		Fiebre de Chikungunya	Arbovirus Alphavirus/Togaviridae	
	Anopheles spp.	Paludismo	Protozoo plasmodium	Sí
	Culex spp. (Cx.pipiens, Cx.modestus)	Fiebre del Nilo Occidental	Arbovirus Flavivirus/Flaviviridae	Sí
ET por otros vectores	Phlebotomus spp. (Ph.perniciosus, Ph.ariasi, Ph.papatasi, Ph.perfiliewi, Ph.sergenti)	Fiebre de los flebotomos y meningitis por virus toscana (VTOS)	Arbovirus Bunyavirus/Bunyaviridae	Sí
		Leishmaniasis	Protozoo leishmania	
	Triatoma infestans, Rhodnius prolixus	Enfermedad de Chagas	Trypanosoma cruzi	No
ET por garrapatas	Rhipicephalus sanguineus	Fiebre Exantemática Mediterránea	Rickettsia conorii	Sí
	Ornithodoros erraticus	Fiebre Recurrente por Garrapatas	Borrelia hispánica	Sí
	Ixodes ricinus	Enfermedad de Lyme	Borrelia burgdorferi	Sí
		Encefalitis vírica por subgenotipo centroeuropea	Flavivirus	

*ET: enfermedades transmitidas. †Hasta diciembre de 2014

En relación a la **descripción de las distintas enfermedades emergentes** y su estrategia de vigilancia y control se pueden consultar los siguientes protocolos de vigilancia de la

Red de Vigilancia Epidemiológica de Andalucía, adaptados de los protocolos de la Red de Vigilancia Nacional, y disponibles en la web de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía (a fecha 11 de octubre de 2016).

http://www.juntadeandalucia.es/salud/sites/csalud/contenidos/Informacion_General/p_4_p_1_vigilancia_salud/procedimiento_generales_especificos?perfil=org

<http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-servicios-cientifico-tecnicos/fd-vigilancias-alertas/fd-procedimientos/protocolos.shtml>

BIBLIOGRAFIA

ENFERMEDADES EMERGENTES TRANSMITIDAS POR VECTORES EN ANDALUCIA, 2014. Monografía del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Andalucía vol 20 nº 1. Febrero de 2015. Secretaría General de Salud Pública y Consumo. Servicio de Vigilancia y Salud Laboral.

ANEXO XVI

ANÁLISIS PRELIMINAR DE UN BROTE.

MÉTODO DE LOS CINCO DATOS

Lo ideal para analizar un brote o una epidemia es disponer de una base de datos para poder estimar los distintos parámetros epidemiológicos y sacar las conclusiones oportunas.

Pero a veces esto no es posible por diversas razones: los datos se están recogiendo pero siguen apareciendo casos, no se puede obtener los datos por el tipo de epidemia, falta de personal, o por otras razones

El método que se presenta permite que con (literalmente) 5 datos podamos plantear un análisis epidemiológico preliminar o podamos simular diferentes escenarios del brote o epidemia que estamos estudiando.

Estos 5 datos son:

1. Porcentaje de personas expuestas que desarrolla la enfermedad
2. Porcentaje de personas NO expuestas que desarrolla la enfermedad
3. Porcentaje de enfermos que están expuestos.
4. Porcentaje de expuestos en el total de la población
5. Porcentaje de expuestos en el grupo de sanos

Además con el **teorema de Bayes** podemos estimar algunos de estos datos podemos estimar otros.

A continuación, desarrollamos ambos métodos

Método de los 5 datos

.1. Primer dato solicitado. Porcentaje de personas expuestas que desarrolla la enfermedad

Qué información nos da este dato: *Riesgo en expuestos. Incidencia acumulada en expuestos (IAe). Tasa de ataque en expuestos (si estudiamos enfermedades infecciosas). Valor predictivo de una exposición positiva. Porcentaje de causa suficiente que tiene la exposición*. Probabilidad de que una persona esté expuesta y enferma al mismo tiempo.*

***Causa suficiente.** "Si una persona está expuesta entonces esta persona está enferma"
Esta afirmación es cierta en el % de las veces

Ejemplo de dato obtenido: **59,21%**

2. Segundo dato solicitado. Porcentaje de personas NO expuestas que desarrolla la enfermedad.

Qué información nos da este dato: ***Riesgo en NO expuestos. Incidencia acumulada en NO expuestos(IAn) Tasa de ataque en NO expuestos (si estudiamos enfermedades infecciosas)***

Ejemplo de dato obtenido: **40, 91%**

3. Tercer dato solicitado. Porcentaje de enfermos que están expuestos.

Qué información nos da este dato: ***Sensibilidad de la exposición para detectar enfermos. Porcentaje de causa necesaria que tiene la exposición*. Probabilidad de que una persona esté enferma y expuesta al mismo tiempo.***

***Causa necesaria.** "Si una persona está enferma entonces esta persona está expuesta"
Esta afirmación es cierta en el % de las veces

Ejemplo de tercer dato obtenido: **62,50%**

4. Cuarto dato solicitado. Porcentaje de expuestos en el total de la población (enfermos y no enfermos)

Qué información nos da este dato: ***Prevalencia de la exposición en la población general. Prevalencia aparente de la enfermedad.***

5. Quinto dato solicitado. Porcentaje de expuestos en el grupo de sanos

Qué información nos da este dato: ***Es el complementario de la especificidad. La especificidad es el porcentaje de personas NO expuestas en el grupo de sanos.***

Con estos cinco datos podemos obtener las siguientes estimaciones:

1. Medidas de efecto
 - 1.1 Medidas absolutas
 - 1.1.1 Riesgo atribuible o Diferencias de riesgos
 - 1.2 Medidas relativas
 - 1.2.1 Razón de riesgos o riesgo relativo
 - 1.2.2 Odds ratio
2. Medidas de impacto potencial
 - 2.1 Si las Medidas relativas son mayores de 1

- 2.1.1 Proporción atribuible en expuestos o fracción etiológica en expuestos
- 2.1.2 Proporción atribuible en la población o fracción etiológica en la población
- 2.2 Si las Medidas relativas son menores de 1
 - 2.2.1 Proporción prevenida en expuestos o fracción prevenida en los expuestos
 - 2.2.2 Proporción prevenida en la población o fracción prevenida en la población.
- 3. Porcentaje de causa suficiente y necesaria de la exposición. O en qué porcentaje de veces se cumple la afirmación de que “Si hay exposición hay enfermedad y si hay enfermedad es que hay exposición”

1. Medidas de efecto

1.1 Medidas absolutas

1.1.1 Riesgo atribuible o Diferencias de riesgos. Datos necesarios: 1 y 2

Esta medidas solo puede ser estimada en los estudio de cohorte. Es una estimación del efecto absoluto atribuible al factor de riesgo o de protección.

$$RA \text{ o } DR = IAe - IAne$$

El rango está entre -1 y +1 si se expresa como proporciones o entre -100 y +100 si se expresa en porcentajes. No tiene unidades ya que es una diferencia de proporciones. El valor que expresa la ausencia de efecto, el llamado valor nulo, es 0. Un valor negativo significa que la exposición es un factor de protección. Un valor positivo significa que la exposición es un factor de riesgo.

En nuestro caso

$$RA \text{ o } DR = 59,21\% - 40,91\% = 18,3\%$$

La exposición incrementa el riesgo o probabilidad de enfermar en un 18,3%

1.2 Medidas relativas

1.2.1 Razón de riesgos o riesgo relativo. Datos necesarios: 1 y 2

$$RR = IAe / IAne$$

El rango está entre 0 e infinito. El valor nulo es 1 que significa que no hay relación entre exposición y enfermedad. Si $RR > 1$ indica que la exposición incrementa el riesgo de desarrollar el evento. Si $RR < 1$ indica que la exposición disminuye el riesgo de desarrollar el evento.

En nuestro caso

$$RR = 59,21\% / 40,91\% = 1,45$$

El riesgo o probabilidad de enfermar es 1,45 veces mayor en expuestos que en no expuestos.

1.2.2 **Odds ratio.** Datos necesarios: 1 y 2

Mide el efecto relativo de la exposición respecto a la aparición de la enfermedad. Se utiliza en los estudios de casos y controles. Tiene dos componentes:

a) Odds de enfermedad entre los expuestos. Por cada persona que está expuesta y tiene un resultado positivo, ¿cuántas hay que están expuestas y tienen un resultado negativo?

Estimación

$$IAe / 1- IAe$$

En nuestro caso

$$59,21\% / 40,79\% = 1,45$$

Que se interpreta: entre los expuestos por cada persona que tiene el resultado negativo (está sana) hay 1,45 personas que lo tienen positivo (está enferma)

b) Odds de enfermedad entre los NO expuestos. Por cada persona que NO está expuesta y tiene un resultado positivo, ¿cuántas hay que NO están expuestas y tienen un resultado negativo?

Respuesta:

$$IAne / 1- IAne$$

En nuestro ejemplo la respuesta

$$40,91\% / 59,09\% = 0,69$$

Que se interpreta: Entre los NO expuestos por cada persona que tiene el resultado positivo (está enferma) hay 1,44 (1/0,69) personas que lo tienen negativo (que está sana). En este caso estamos interpretando el inverso por eso se hace de forma inversa al anterior.

c) **Odds ratio.** ¿Cuál es efecto relativo en los estudios de casos y controles?

Estimación

Odds de enfermedad entre los expuestos / Odds de enfermedad entre los NO expuestos

En nuestro caso

$$1,45 / 0,69 = 2,10$$

Que se interpreta: por cada 1 persona que está enferma y NO expuesta hay 2,10 personas que está enferma y expuesta

El rango está entre 0 e infinito. El valor nulo es 1 = no hay relación entre exposición y enfermedad. Si $OR > 1$ indica que la exposición está asociada con el hecho de desarrollar el evento. Si $OR < 1$ indica que la exposición está asociada con el hecho de NO desarrollar el evento

2. Medidas de impacto potencial

2.1 Si las Medidas relativas son mayores de 1

2.1.1 Proporción atribuible en expuestos o fracción etiológica en expuestos. Datos necesarios 1 y 2

Si en el grupo con resultados positivos (enfermos) y expuestos eliminamos la exposición, ¿qué porcentaje de enfermedad eliminaríamos?

En nuestro ejemplo la respuesta es:

$$PAE = (RR-1)/RR \rightarrow (1,45-1)/1,45 \rightarrow 31,03\%$$

$$PAE = (OR-1)/OR \rightarrow (2,10-1)/2,10 \rightarrow 52,38\%$$

2.1.2 Proporción atribuible en la población (PAP) o fracción etiológica en la población. Datos necesarios 1, 2 y 3.

Si en el grupo con resultado positivo expuestos y no expuestos eliminamos la exposición, ¿qué porcentaje de enfermedad eliminaríamos?

PAP = PAE (cuestión anterior) * Probabilidad de que una persona esté enferma y expuesta al mismo tiempo o Sensibilidad (dato 3)

$$\text{Con OR. } 52,38\% * 62,50\% \rightarrow 32,74\%$$

$$\text{Con RR. } 31,03\% * 62,50\% \rightarrow 19,39\%$$

2.2 Si las *Medidas relativas* son menores de 1

2.2.1 Proporción prevenida en expuestos (PPE) o fracción prevenida en los expuestos. Datos necesarios 1 y 2

$$\text{Con RR. PPE} = 1 - \text{RR}$$

$$\text{Con OR. PPE} = 1 - \text{OR}$$

2.2.2 Proporción prevenida en la población (expuestos y no expuestos) o fracción prevenida en la población (expuestos y no expuestos) Datos necesarios 4 y 5

a) En los estudios de cohortes

PPP = PPE * Porcentaje de expuestos en el total de la población (dato 4)

b) En los estudios de casos y controles

PPP = PPE * Porcentaje de expuestos en el grupo de sanos (dato 5)

3. Porcentaje de causa suficiente y necesaria de la exposición. O en qué porcentaje de veces se cumple la afirmación de que “Si hay exposición hay enfermedad y si hay enfermedad hay exposición” Datos necesarios 1 y 3.

Porcentaje de personas expuestas que desarrolla la enfermedad *

Porcentaje de enfermos que están expuestos

$$59,21\% * 62,50\% \rightarrow 37,01\%$$

“Si hay exposición hay enfermedad y si hay enfermedad es que hay exposición”, esta afirmación es cierta en el 37,01% de las veces.

En la hoja de cálculo **Método de los cinco datos.xlsx** en la opción **Hojas de cálculo** de la web podrá ver cómo se aplica este método.

Otras estimaciones que podríamos obtener

1. **Prevalencia de la enfermedad o probabilidad de estar enfermos.** PORCENTAJE DE ENFERMOS EN TODA LA POBLACIÓN
2. **Probabilidad de estar sano.** EL COMPLEMENTARIO DE LA ESTIMACIÓN ANTERIOR.
3. **Especificidad de la NO exposición para detectar resultados negativos.** ENTRE TODOS LOS SANOS, PORCENTAJE DE NO EXPUESTOS
4. **Valor predictivo de una exposición negativa.** ENTRE TODOS LOS NO EXPUESTOS, PORCENTAJE DE LOS QUE ESTÁN SANOS.

Estimación de algunos de estos parámetros mediante el Teorema de Bayes

1. Podemos estimar la prevalencia aparente o prevalencia de la exposición en la población a partir de los siguientes valores:

1.1 **Sensibilidad** de la exposición para detectar enfermos. **Probabilidad (porcentajes de personas) de que una persona esté enferma y expuesta al mismo tiempo (ver tercer dato)**

1.2 **Especificidad** de la NO exposición para detectar resultados negativos. ENTRE TODOS LOS SANOS, PORCENTAJE DE NO EXPUESTOS

1.3 Prevalencia real o prevalencia de la enfermedad en la población. PORCENTAJE DE ENFERMOS EN TODA LA POBLACIÓN

Mediante la siguiente fórmula

$$\text{Prevalencia aparente} = Pr * S + (1 - Pr) * (1 - E)$$

2. Podemos estimar la prevalencia real o prevalencia de la enfermedad en la población a partir de los siguientes valores:

2.1 **Sensibilidad** de la exposición para detectar enfermos. **Probabilidad (porcentajes de personas) de que una persona esté enferma y expuesta al mismo tiempo (ver tercer dato)**

2.2 **Especificidad** de la NO exposición para detectar resultados negativos. ENTRE TODOS LOS SANOS, PORCENTAJE DE NO EXPUESTOS

2.3 **Prevalencia aparente o prevalencia de la exposición** en la población. PORCENTAJE DE ENFERMOS EN TODA LA POBLACIÓN

Mediante la siguiente fórmula

$$\text{Prevalencia real} = \frac{P_a + E - 1}{S + E - 1}$$

3. A partir de los siguientes valores:

3.1 **Sensibilidad** de la exposición para detectar enfermos. **Probabilidad (porcentajes de personas) de que una persona esté enferma y expuesta al mismo tiempo (ver tercer dato)**

3.2 **Especificidad** de la NO exposición para detectar resultados negativos. ENTRE TODOS LOS SANOS, PORCENTAJE DE NO EXPUESTOS

3.3 **Prevalencia real o prevalencia de la enfermedad** en la población. PORCENTAJE DE ENFERMOS EN TODA LA POBLACIÓN

Podemos estimar

Riesgo en expuestos. Incidencia acumulada en expuestos, tasa de ataque en expuestos (si estudiamos enfermedades transmisibles) o valor predictivo de una exposición positiva

$$\frac{S * Pr v}{S * Pr v + (1 - E) * (1 - Pr v)}$$

Si la exposición es negativa ¿Cuál es la probabilidad de NO tener el resultado de interés? **Valor predictivo de una exposición negativa.**

$$\frac{E * (1 - Pr v)}{(1 - S) * Pr v + E * (1 - Pr v)}$$

Riesgo en NO expuestos. Incidencia acumulada en NO expuestos, tasa de ataque en NO expuestos (si estudiamos enfermedades transmisibles)

$$\frac{Pr v * (1 - S)}{(1 - S) * Pr v + E * (1 - Pr v)}$$

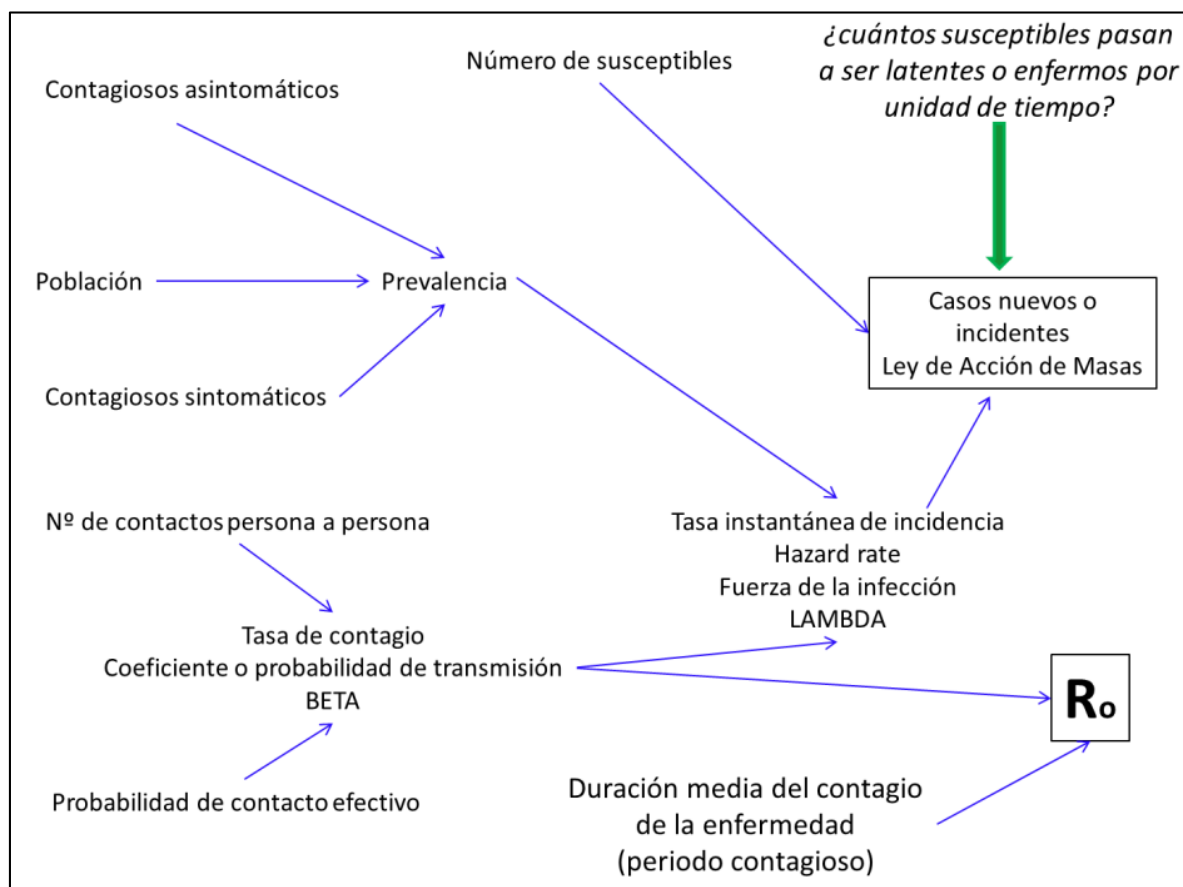
En la hoja de cálculo **Bayes brotes.xlsx** en la opción **Hojas de cálculo** de la web podrá ver cómo se aplica este método.

ANEXO XVII

Estimaciones de los casos nuevos y otros parámetros en enfermedades infecciosas.

El libro de Excel **Casos nuevos.xlsx** que puede encontrar en la opción **Hojas de cálculo** de la web se ha diseñado para la estimación de casos nuevos en enfermedades infecciosas de transmisión persona a persona y en las transmitidas por vectores. También se estiman algunos parámetros relacionados con la transmisión de las enfermedades infecciosas. Consulte la entrada de **Casos nuevos** del Glosario, Anexo I y otras entradas indicadas para comprender la utilidad de este libro.

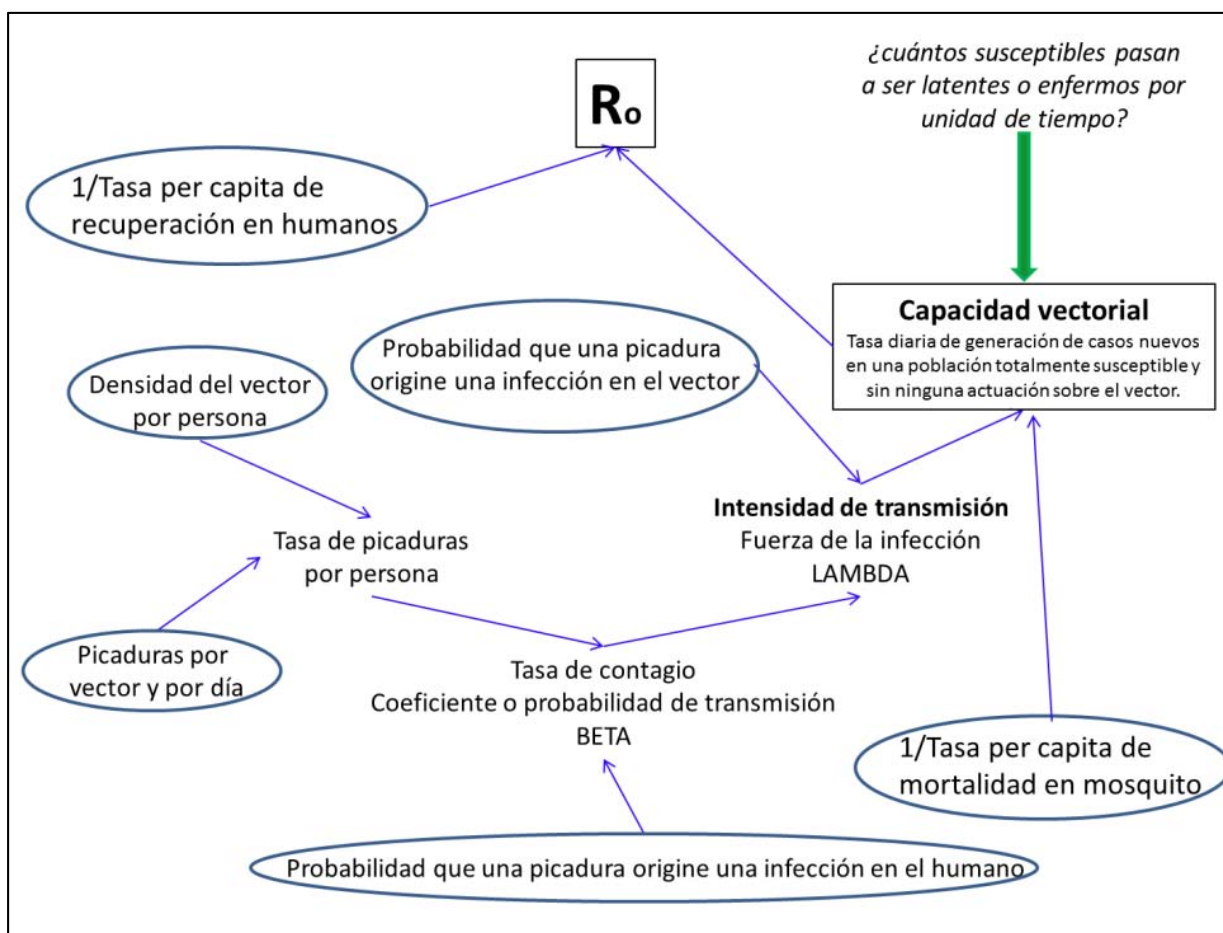
Enfermedad de transmisión persona a persona



ENFERMEDAD DE TRANSMISIÓN PERSONA A PERSONA	
Estimación de la población susceptible y en riesgo de desarrollar la enfermedad	
INTRODUCCIÓN DE DATOS	
Edad de aparición de la enfermedad	20
Esperanza de vida en la población	70
% población susceptible en países desarrollados	28,57
% población SIN riesgo en países desarrollados	71,43
% población susceptible en países vía desarrollo	22,22
% población SIN riesgo en países vía desarrollo	77,78
a) Población total	15.000
b) Seroprevalencia, si existe vacuna (%). Si no existiese vacuna es el porcentaje de población que está protegida de forma natural de la enfermedad	71,43
Personas SIN riesgo de desarrollar la enfermedad	10.715
c) Porcentaje de susceptibles en la población total (%)	28,57
Personas susceptibles	4.286
d) Número de contactos persona-persona, día	7
e) Probabilidad potencial de que un contacto produzca enfermedad, día	0,1800
f) Prevalencia de la enfermedad (proporción)	0,12
g) Duración media del contagio de la enfermedad (periodo contagioso) días	5
h) Eficacia de la vacuna %	90

RESULTADOS (Los valores negativos no tienen interpretación)			
1. TASA DE CONTAGIO Beta (día)			1,26
2. TASA DE RECUPERACIÓN (enfermos que vuelven a estar sanos) día			0,2
3. Tasa instantánea de incidencia, fuerza de la infección o hazard rate (lambda)			0,1512
4. Edad media de aparición de la enfermedad (1/incidencia). Se asume que la incidencia es independiente de la edad.			7
5. Ley de acción de masas. Número de sujetos que pasan de estar sanos a estar enfermos por día			648
6. Número reproductivo básico (Ro)*			6,30
7. Umbral epidémico %			15,87
8. Umbral de la inmunidad en grupo %. Se supone eficacia vacunal del 100%			84,13
9. Si la eficacia de la vacuna es de	90	por ciento el umbral de la inmunidad es del	93,47
Si este valor es mayor de 100 quiere decir que sería imposible eliminar la transmisión incluso si estuviera vacunada el 100% de la población.			
* En este caso se ha estimado Ro mediante el producto (Tasa_contagio*Duración). Otra forma de estimar Ro es mediante la expresión 1/proporción de susceptibles. A su vez la proporción de susceptibles se estima también mediante la expresión 1/Ro. Otras formas de estimarlos se indica en esta hoja			

Enfermedad de transmitida por vectores



Los componentes de la **capacidad vectorial** y de R_0 que aparecen descritos en las referencias Basañez 2004 y Mandal 2001 aparecen en el esquema dentro de un óvalo.

ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR VECTORES	
INTRODUCCIÓN DE DATOS	
a) Tasa de picaduras en hombres por mosquito, día. Entre 0,001 y 0,5*	0,3
b) Probabilidad de que una picadura origine una infección en el humano, día. Entre 0,2 y 0,5*	0,2500
c) Densidad de vectores por persona y día. Entre 0,5 y 40*	10
d) Eficacia de la vacuna %	90
e) Probabilidad de que una picadura origine una infección en el vector (0,5)*	0,5
f) Tasa media de recuperación en humanos (0,005-0,05 por día)*	0,02
g) Tasa per cápita de mortalidad de mosquito (0,05-0,5 por día)*	0,05

RESULTADOS (Los valores negativos no tienen interpretación)

1. NÚMERO DE PICADURA POR PERSONA. Número de picaduras que recibe cada persona en un día	3,00
2. TASA DE CONTAGIO Beta (día)	0,75
3. Tasa instantánea de incidencia, fuerza de la infección o hazard rate (lambda) Número de casos nuevos por persona y día	0,3750
4. Número reproductivo básico (R_0)	112,50
5. Capacidad vectorial. Tasa diaria de generación de casos nuevos en una población totalmente susceptible y sin ninguna actuación sobre el vector. Basada en R_0	2,25
7. Umbral epidémico %	0,89
8. Umbral de la inmunidad en grupo %. Se supone eficacia vacunal del 100%	0,11
9. Si la eficacia de la vacuna es de 90 por ciento el umbral de la inmunidad es %	0,12
Si este valor es mayor de 100 quiere decir que sería imposible eliminar la transmisión incluso si estuviera vacunada el 100% de la población.	

Bibliografía

Anderson R, Nokes DJ. Mathematical models of transmission and control (ch. 6.14). In: Detels R, McEwen J, Beaglehole R and Tanaka H.(eds). Oxford Textbook of Public Health. New York: Oxford University Press. Fourth edition Volume 2. 2002
Anderson_Nokes_2002.pdf

Anderson RM, May RM. Infectious diseases of humans. Dynamics and control. Oxford University Press: New York. 1999

Basáñez MG, Rodríguez DJ. Dinámica de transmisión y modelos matemáticos en enfermedades transmitidas por vectores. ENTOMOTROPICA. 2004;19(3): 113-134.
Basanez_2004.pdf

Antropofilia. Último acceso noviembre 2016.
http://www.portalesmedicos.com/diccionario_medico/index.php/Antropofilia

Mandal S, Sarkar RR, Sinha S Malaria Journal 2011,10:202 Mathematical models of malaria - a review <http://www.malariajournal.com/content/10/1/202>
Mandal_2011.pdf

Los ficheros PDF que se indican se encuentran en la opción ***Bibliografía*** de la web.

