

## **Tema 32. La clasificación de los seres vivos. Taxonomía y nomenclatura. Los cinco reinos, relaciones evolutivas. Los virus y su patología. Otras formas acelulares.**

1º E.S.O. Bloque 3. La Tierra y los seres vivos.  
1º Bach. Bloque 5. Clasificación de los organismos  
2º Bach. Bloque 4. Microbiología y tecnología.

### **SUMARIO**

#### **32.1. La clasificación de los seres vivos.**

##### **32.1.1. Sistemas de clasificación**

##### **32.1.2. Los grupos taxonómicos**

#### **32.2. Los cinco reinos, relaciones evolutivas**

**32.3. Nueva clasificación de los seres vivos. Taxonomía genética**

**32.4. Concepto de virus.**

**32.5. Morfología y clasificación de los virus:**

**32.5.1. Morfología de los virus**

**32.5.2. Clasificación de los virus:**

**32.6. Fisiología de los virus:**

**32.6.1. Ciclo lítico del bacteriófago T<sub>2</sub> (ADN)**

**32.6.2. Ciclo lítico virus con envoltura y monocatenario de ARN**

**32.6.3. Ciclo lisogénico**

**32.7. Otras formas acelulares.**

**32.7.1. Origen de los virus**

**32.8 Efectos de la infección viral**

**32.9. Algunas enfermedades producidas por virus**

**32.9.2. El S.I.D.A.**

## 32.1. La clasificación de los seres vivos.

En el cuadro siguiente mostramos, de forma aproximada, el cuantioso número de especies distintas de organismos actuales conocidos por el hombre:

Móneras	6.000
Algas	22.000
Protozoos	25.000
Hongos	80.000
Plantas superiores	285.000
Invertebrados no artrópodos	269.000
Invertebrados artrópodos	900.000
Cordados y hemicordados	45.000

Por otra parte se calcula que hay entre 20-30 millones de especies animales no conocidas. Como se observa en el cuadro, los animales representan el 76 % del total de formas vivas conocidas, aunque el tipo de organización más evolucionado, los Cordados, sólo son el 3'6 %.

A pesar de la gran variedad de especies, los procesos básicos que permiten el mantenimiento de la vida son bastante semejantes: los seres vivos están organizados y funcionan todos de acuerdo con un reducido número de leyes físico químicas y biológicas. Este hecho, **diversidad** y **uniformidad**, se explica por la unidad de origen y la diversificación evolutiva. El fenómeno evolutivo es trascendental para la Biología, ya que permite dar una explicación a la diversidad de formas y unidad de tipos fundamentales de organización y funcionamiento.

Para poder estudiar la gran variedad de formas es necesario agruparlas, ordenarlas y darles nombre, es decir, clasificarlas. La necesidad de una clasificación ya fue detectada por el filósofo **Aristóteles**, quien dividió a los animales en **anaima** (animales sin sangre) y **aima** (animales con sangre) a los que volvió a reagrupar según su hábitat, en marinos, terrestres y voladores; a las plantas se las clasificó, basándose en su estructura y tamaño, en herbáceas, arbustivas y arbóreas. Esta clasificación se mantuvo, sin apenas variaciones, hasta el siglo XVII.

El descubrimiento de América y las exploraciones consiguientes llevaron al conocimiento de nuevas especies animales y vegetales, hizo surgir nuevos sistemas de clasificación entre los que destaca el de **Jhon Ray** (s. XVII). En el siglo XVIII aparece la figura del genial naturalista **Karl von Linné (Linneo)** que ideó un sistema de clasificación que constituye la base del sistema actual. Linné en 1753, en su libro *Species plantarum*, establece una clasificación de las plantas y una breve descripción de las mismas. En 1758, escribe otro libro: *Systema naturae*, en el que clasifica y hace una descripción de los animales.

Este sistema utiliza como criterio de clasificación la existencia de caracteres estructurales de forma que queden reunidos en un mismo grupo aquellos que presentan caracteres semejantes. El desarrollo posterior de los conocimientos científicos han completado y mejorado la clasificación de Linné. El establecimiento de la teoría de la evolución de Darwin y los espectaculares avances que a lo largo del siglo XX han tenido la Bioquímica, la Anatomía comparada, la Embriología y otras ciencias biológicas han permitido elaborar clasificaciones que son verdaderos árboles genealógicos de las especies.

### 32.1.1. Sistemas de clasificación

Clasificar es distribuir a los seres vivos en grupos más o menos amplios según determinados criterios o caracteres. Cuando utilizamos criterios que señalan grados de afinidad o parentesco, hablamos de **sistemas naturales** de clasificación; y cuando empleamos otros, se denominan artificiales.

En Biología se emplean los sistemas naturales, agrupan a los seres vivos por su grado de afinidad o parentesco, es decir, por la relación que existe entre organismos originados de progenitores comunes. Ninguna especie vegetal o animal surge por generación espontánea, sino que representan ramas de formas antecesoras. A partir de un grupo primitivo de seres, se van originando otros que serán más parecidos entre sí cuanto más cercanos a ellos sea su antecesor.

La clasificación natural, por tanto, debe tener en cuenta el registro fósil que permite seguir la pista al parentesco existente entre los diversos grupos. La presencia de **órganos homólogos** es un sistema natural muy empleado. En los sistemas artificiales, por contra, se han utilizado los órganos análogos.

### 32.1.2. Los grupos taxonómicos

La **Taxonomía** es una ciencia biológica que se encarga de establecer los criterios que permiten clasificar a los organismos en categorías sistemáticas o taxones, basándose en la afinidad de sus características.

El taxón básico llamado **Especie** está formado por organismos que son tan semejantes que pueden reproducirse entre sí y originar individuos fértiles y similares a sus progenitores; se define como: "**grupo de individuos semejantes en cuanto a características estructurales y funcionales, que en la naturaleza sólo se reproducen entre sí y tienen un antecesor común**". Varias especies con algunos caracteres comunes constituyen un **Género**; distintos géneros, una **Familia**; diversas familias, un **Orden**; órdenes parecidos, una **Clase**; varias clases, un **Phylum**; finalmente, el conjunto de phyla, un **Reino**.

Además de estas categorías principales existen otras intermedias. Así por ejemplo, Superfamilias (entre la familia y el orden); Subphylum (entre phylum y clase), etc.

Linné estableció un método para identificar a los seres vivos, mediante la adjudicación de un nombre: la **nomenclatura binomial**. Se basa en una serie de reglas, que exponemos de forma simplificada:

- Cada especie se nombra con dos palabras latinas o latinizadas. La primera, siempre en mayúscula, designa el género; la segunda, generalmente en minúscula, indica la especie: Ej. *Canis lupus*, *Pinus silvestris*,...
- Detrás del nombre suele colocarse una abreviatura o nombre entero del autor que hizo la primera descripción y clasificación (L = Linné).
- Las variedades o razas se nombran con un tercer vocablo. Esta palabra suele hacer referencia a alguna característica.

El nombre dado a una especie empleando este método se llama científico y es utilizado universalmente. Así se evitan las dificultades que supondría usar el nombre de cada especie según el idioma.

### 32.2. Los cinco reinos, relaciones evolutivas

Aristóteles dividió a los seres vivos en dos grandes reinos: el de las plantas o vegetales y el de los animales. Sin embargo, el concepto de animal o planta en muchas ocasiones no es claro, sobre todo cuando se refiere a organismos con características intermedias o muy diferentes de las plantas y animales superiores. Por ello, desde hace más de un siglo, existe la tendencia a incrementar el número de reinos de seres vivos. Destaca la propuesta de **Whittaker** (1959) de considerar cinco reinos:

- ♦ **Reino de los Móneras:** agrupa a los organismos procariotas, lo constituyen las bacterias y las cianobacterias.  
Recientes estudios genéticos muestran que unos microorganismos anaerobios, incluyendo los productores de metano y las bacterias sulfúreas, están tan alejados del resto de procariontes como lo están de los eucariontes y probablemente representan un reino aparte (Archeobacterias). En este caso los procariontes serían los Moneras y las Archeobacterias
- ♦ **Reino de los Protocistas:** agrupa a los seres vivos unicelulares o pluricelulares, pero de estructura muy simple y sin tejidos; lo constituyen las Algas y los Protozoos. Son ya organismos aerobios
- ♦ **Reino de los Hongos:** engloba a las levaduras, los mohos y los hongos superiores. Tienen apariencia vegetal, pero nutrición heterótrofa mediante la absorción de alimento previamente digerido en el exterior de las células gracias a la secreción de potentes enzimas.
- ♦ **Reino Metáfitas:** agrupa a los vegetales pluricelulares con tejidos, es decir a Briófitos y Traqueófitos (Pteridófitos y Espermatófitos). Tienen diferentes grados de diferenciación celular.

- ♦ **Reino Metazoos** agrupa a los animales pluricelulares, es decir Doblásticos y Triblásticos [Protostomas (Acelomados, pseudocelomados y celomados) y deuterostomas]. Son heterótrofos. A partir de la célula huevo o cigoto, los metazoos adquieren la definitiva forma corporal a través del desarrollo embrionario. Sin embargo, no todos llevan a cabo las diferentes fases de este desarrollo. Un grupo bastante reducido detiene su desarrollo en la fase de gástrula (doblásticos); los demás poseen las tres hojas embrionarias (Triblásticos).

Los cuatro últimos reinos incluyen la totalidad de individuos eucariotas.

Los **Virus** deben considerarse como organismos acelulares.

El descubrimiento de las Arqueobacterias sugiere una reforma del árbol filogenético bacterias y eucariotas. La obtención de la secuencia completa del cromosoma de la arqueobacteria metanófila *Methanococcus jannaschii* que vive a temperaturas cercanas a los 80 °C confirmó una vieja hipótesis, según la cual la vida está constituida por tres grandes líneas evolutivas o dominios (ARCHAEA, BACTERIA y EUCARYA) y no por las dos clásicas (Procariotas y Eucariotas, con cinco reinos).

Efectivamente, al comparar las secuencias de los ARN ribosómicos de muchos organismos, se vio que el 44 % de los genes de *M. Jannaschii* se parecen a los de los otros dominios (Bacteria y Eucarya), pero el 56 % son diferentes a cualquier gen descrito.

Este hecho sugiere que los Archaea y los otros dos linajes poseen un remoto antepasado común. Se supone que los Archaea y algunos Bacteria aparecieron primero sobre la Tierra, ya que están adaptados a unas condiciones que parecen corresponder con las que existieron en la Tierra primitiva. Posteriormente divergieron y los Eucarya surgieron a a partir de los Archaea.

### 32.3. Nueva clasificación de los seres vivos. Taxonomía genética

Idealmente, la perfecta taxonomía debería consistir en obtener la secuencia de las bases de ADN total de los seres vivos. Dado que la **filogenia** es la historia de las variaciones en esta secuencia de bases a lo largo del tiempo, el análisis de las secuencias proporcionaría el primer sistema taxonómico verdaderamente natural y filogenético.

**Woese**, en los años setenta, estudió la secuencia de bases del ARN ribosómico. Dada su función (biosíntesis de proteínas), pensó que su secuencia de bases sería específica por lo que, sin duda, podía utilizarse para clasificar a todos los seres vivos de forma equitativa. Además, la secuencia de bases del ARNr es copia de un segmento de bases del ADN. Por tanto, puede clasificarse la clasificación basada en el ARNr como genética.

Para utilizar esta molécula es necesario obtener la secuencia de bases del ARNr de los organismos que se quieren estudiar y, a continuación, utilizar una serie de métodos matemáticos, procedentes de la taxonomía numérica, para obtener la distancia entre tales seres vivos. Cuanto más próximos sean dos organismos entre sí, menos diferencias existirán entre las secuencias de bases de sus ARNr y, en consecuencia, menor será la distancia entre ellos.

Los resultados acumulados durante las dos últimas décadas han permitido a Woese construir un árbol filogenético. Lo primero que llama la atención es que los seres vivos conocidos se asocian en tres grandes grupos; pero estos grupos no corresponden a los tradicionales animales, plantas y protistas de Haeckel. Todos los eucariontes quedan en un mismo grupo (**Eucarya**). Dentro de este grupo, los organismos que formaban los grupos Hongos, Metáfitas y Metazoos, parecen internamente coherentes, pero los Protoctistas se revelan como un "cajón de sastre" en el que se incluyen una serie de microorganismos diversos: A medida que se estudien más grupos de protoctistas, sin duda irán apareciendo más ramas.

### 32.4. Concepto de virus.

Los virus son seres de extraordinaria simplicidad. Su nivel de organización se encuentra entre lo vivo y lo inerte, ya que, por un lado, son capaces de autoduplicarse dentro de las células vivas, mientras que, por otro, cristalizan al separarlos de las células en las que parasitan.

Fueron descubiertos indirectamente, como agentes causantes de enfermedades, por el botánico ruso Dimitri Ivanowski (1892), al estudiar la enfermedad del mosaico del tabaco. Este investigador comprobó que el jugo extraído de las hojas enfermas transmitía la infección, incluso después de ser filtrado por cápsulas de porcelana de 0'4-0'2  $\mu$ . No obstante, Iwanowski atribuyó el resultado a una sustancia tóxica segregada por la planta enferma.

En 1898, Löföter y Frosh demostraron que el responsable de la enfermedad era un agente infectante, Virus del Mosaico del Tabaco (VMT), y no una sustancia tóxica.

Towort (1915) y D'Herelle (1917) observaron que determinadas bacterias eran atacadas por agentes contaminantes, que provocaban su destrucción.

En 1935, W. Stanley logró aislar y cristalizar el VMT, demostrando que los cristales mantenían poder infeccioso indefinidamente y, al colocarlos sobre nuevas plantas de tabaco, se multiplicaban repitiendo los síntomas de la enfermedad.

La aplicación del M. E. al estudio de los virus sirvió para aclarar aspectos sobre su naturaleza y estructura, aunque ya se sospechaba que podían ser genes desnudos con capacidad para desplazarse de unas células a otras.

El desarrollo de la ultracentrifugación posibilitó la separación entre los virus y los componentes de la célula huésped; así se llegó a la conclusión de que todos los virus contenían ácidos nucleicos y que realizaban funciones similares al material genético.

Estas ideas fueron confirmadas en 1952 en bacterias infectadas por virus (**bacteriófagos**), al observarse que sólo penetraba en la bacteria el ADN del virus y no su proteína, replicándose repetidamente dentro de la bacteria infectada.

Los virus o viriones, cuyo tamaño no es superior a 100 nm, son elementos genéticos rodeados por una cubierta protectora, sólo poseen algunos enzimas y por ello requieren el mecanismo biosintetizador de las células vivas para duplicarse.

## 32.5. Morfología y clasificación de los virus:

### 32.5.1. Morfología de los virus

Los virus, desde el punto de vista estructural, constan de un ácido nucleico, una cubierta proteica y a veces una envuelta externa similar a la membrana plasmática.

#### COMPONENTES GENÉTICOS O GENOMA

Es un ácido nucleico, ADN o ARN, pero nunca los dos. Puede contener de cinco a varios cientos de genes.

El ARN puede ser lineal monocatenario (VMT, polio), y lineal dúplex (reovirus).

El ADN puede ser lineal monocatenario (parvovirus); lineal dúplex (virus del herpes); circular monocatenario (bacteriófago); y circular dúplex (virus del polioma).

#### CÁPSIDA

Es la cubierta de naturaleza proteica que rodea el ácido nucleico, formada por subunidades llamadas capsómeros. La forma de los virus viene determinada por la disposición de los capsómeros, que origina distintos tipos morfológicos:

- Poliédricos:** la cápsida tiene forma de poliedro, generalmente de veinte caras con forma de triángulos equiláteros (icosaedro): virus de las verrugas, de la polio, etc. Los capsómeros pueden ser de dos tipos: **hexones** y **pentones**. Los hexones están formados por seis moléculas de proteína o protómeros y forman las caras y las aristas. Los pentones están formados por cinco protómeros y se localiza en los vértices del icosaedro.
- Helicoidales.** Los capsómeros se disponen helicoidalmente, formando una estructura tubular en cuyo interior se sitúa el ácido nucleico. La anchura de la cápsida es de 175 Å y su longitud máxima de 3000 Å. Ej. virus de la rabia, el VMT, etc.



El virus del mosaico del tabaco (VMT) contiene una cadena simple de ARN de unas 6400 bases, y unas 2130 copias de una proteína sencilla (158 aminoácidos). La hélice la forman las proteínas (16 1/3 unidades por vuelta), y el ARN se enrolla entre las subunidades proteicas, adoptando una simetría helicoidal. Esta simetría sugiere que el virus podría ensamblarse mediante la unión de subunidades proteicas, una a una, a lo largo del ARN, en el exterior de la hélice

- c) **Complejos:** constan de cabeza, cola y sistema de anclaje. La cabeza es una cápsida poliédrica en torno al ácido nucleico. La cola consta de una vaina helicoidal que recubre a un eje tubular hueco y que está limitada por la placa terminal. El sistema de anclaje comprende la placa terminal dotada de espinas caudales y de seis filamentos (fibras caudales); por ejemplo los bacteriófagos. En la base de la cola pueden existir enzimas y ATP, cuya función es destruir la pared bacteriana.

### ENVUELTA EXTERNA

Un grupo de virus, como los de la rabia, la hepatitis, la gripe y la viruela, SIDA, etc., poseen una estructura de tipo membranoso alrededor de la cápsida. Esta envoltura procede de las células huésped parasitadas que el virus ensambla en la superficie al abandonarla mediante un proceso de gemación.

En la envoltura aparecen glucoproteínas destinadas a reconocer la célula huésped e inducir la penetración del virus mediante fagocitosis. La síntesis de estas proteínas está regulada por genes víricos. Estas glucoproteínas se disponen hacia el exterior, a modo de espículas, que constituyen el sistema de anclaje en los receptores de membrana de las células huésped y, por tanto, median en el mecanismos de penetración por endocitosis.

El virus de la gripe (ARN monocatenario con envoltura) tiene unos 100 nm de  $\varnothing$  y su envoltura (bicapa lipídica que procede de la célula huésped infectada), contiene espículas de dos tipos.

- De tipo H, con capacidad hemaglutinante, permiten al virus adherirse a la membrana de la célula huésped. La inmunidad a las espículas H protege a la personas de la reinfección con la misma cepa de virus. Las epidemias mundiales son consecuencia del cambio estructural de estas espículas.
- De tipo N (enzima neuramidasa) que, probablemente, le permite al virus salir de la célula huésped.

Contiene 8 segmentos de ARN monocatenario. Cada segmento dirige la síntesis de una o dos de las trece proteínas conocidas que produce el virus.

### 32.5.2. Clasificación de los virus:

Son varios los aspectos que pueden considerarse para la clasificación de los virus, entre los que destacamos: tipo de ácido nucleico, forma de la cápsida, cubierta externa, tipo de célula huésped (animal, vegetal, bacteria), enfermedad producida, etc.

Un aspecto muy importante es que cada tipo de virus ataca específicamente a un tipo de células.

CARACTERÍSTICAS AC. NUCLEICO	FAMILIA DE VIRUS	HUÉSPED	ENFERMEDAD O ALTERACIÓN
ARN Monocatenario sin envoltura	Leviviridae Tovamovirus Potexvirus Picornavirus Picornavirus	Bacterias Plantas Plantas Invertebrados Vertebrados	<b>Mosaico del tabaco</b> Mosaico de la patata Parálisis del grillo <b>Polio humana</b>
ARN Monocatenario con envoltura	Rhabdovirus Rhabdovirus Coronavirus Paramyxovirus Ortomyxovirus Retrovirus Togaviridae	Plantas Vertebrados Vertebrados Vertebrados Vertebrados Vertebrados Vertebrados	Necrosis lechuga/tomate <b>Virus de la rabia</b> Bronquitis aviar Sarampión, parotitis <b>Gripe</b> <b>Cáncer, SIDA</b> <b>Rubéola, fieb.amarilla</b>
ARN bicatenario sin envoltura	Reoviridae Reoviridae	Plantas Vertebrados	Virus tumoral heridas Vómito y diarrea niños
ARN bicatenario con envoltura	Cystoviridae	Bacterias	$\Phi$ 6

<b>ADN Monocatenario sin envoltura</b>	Inoviridae Microviridae Geminivirus Parvoviridae Parvoviridae	Bacterias Bacterias Plantas Invertebrados Vertebrados	MVL <sub>1</sub> ΦX174 Estriado del maíz Artrópodos Perro,cerdos,roedores
<b>ADN Bicatenario Sin envoltura</b>	Myoviridae Corticoviridae Caulimovirus Iridoviridae Adenovirus Papoviridae	Bacterias Bacterias Plantas Invertebrados Vertebrados Vertebrados	P <sub>2</sub> , T <sub>2</sub> PM <sub>2</sub> Mosaico de la coliflor Virus de la túpula <b>humano, conjuntivitis</b> <b>Verrugas,cáncer animal</b>
<b>ADN Bicatenario con envoltura</b>	Plasmaviridae Poxviridae Poxviridae Herpesviridae Herpesviridae	Bacterias Invertebrados Vertebrados Vertebrados Vertebrados	MVL <sub>2</sub> Virus de la Melolontha <b>Viruela</b> <b>Herpes simple, zóster</b> <b>Hepatitis</b>

Otro criterio de Clasificación puede ser el siguiente

Ácido Nucleico	Forma	envuelta	Grupo	Tamaño (nm)	Ejemplos	Enfermedad
ARN	Icosaédrica	No	Picornavirus	24-35	Poliovirus	polio
					Ecovirus	Meningitis
					V. hepatitis A	Hepatitis A
					Rhinovirus	resfriado
		No	Reovirus	60-80	Reovirus	
					Rotavirus	Gastroenteritis
					Alfavirus	Encefalitis
					Flavivirus	Fiebre amarilla
	Sí	Togavirus	40-70	V. rubéola	Rubeola	
	Helicoidal	Sí	Ortomixovirus	80-120	V. gripe	Gripe o Influenza
		Sí	Paramixovirus	100-120	V. parainfluenza	Garrotillo
					V. paperas	Paperas
V. sarampión					Sarampión	
V. respiratorio					Bronquitis	
Sí		Rhabdovirus	80-180	V. rabia	Rabia	
Sí	Coronavirus	80-130	Coronavirus	Resfriado común		
Sí	Retrovirus	80-100	Retrovirus	Sida, Sarcoma Rosus		
ADN	Icosaédrica	No	Paovirus	50	V.papiloma	Verrugas
		No	Adenovirus	80	Adenovirus	Infección respirat.
		Sí	Herpesvirus	120	V. herpes simple	Herpes genital, pupas
					V.varicela-Zoster	Varicela, Zoster
					Citomegalovirus	Sarcoma de Kaposi
					V. Epstein-Barr	Fiebre glandular
	Compleja	No	Poxvirus	230-300	V. viruela	Viruela
					V. De la vaccinia	Viruela vacuna
	Sin clasificar	No	Hepadnavirus	42	V. Hepatitis B	Hepatitis B

## 32.6. Fisiología de los virus:



Los virus carecen de funciones de nutrición, ya que no requieren energía para desarrollar ninguna actividad, ni materia para crecer. Así mismo, carecen de funciones de relación, pues el contacto con la célula huésped es totalmente fortuito. Se estudian, pues, solamente las funciones de reproducción (ciclo vital).

El ciclo vital vírico requiere una célula huésped de donde obtener materia y energía para sintetizar nuevos ácidos nucleicos y capsómeros. Este ciclo de multiplicación tiene varias fases: fijación o adsorción, penetración, replicación de ácidos nucleicos, síntesis de capsómeros, ensamblaje y lisis o liberación.

### 32.6.1. Ciclo lítico del bacteriófago T<sub>2</sub> (ADN)

**Fase de fijación o adsorción.** Los bacteriófagos se fijan inicialmente a través de las puntas de las fibras caudales mediante enlaces químicos, y posteriormente de forma mecánica, al clavar las espinas basales en la pared bacteriana.

**Fase de penetración.** El bacteriófago, mediante enzimas lisozimas situadas en la placa basal, perfora la pared celular y luego contrae su vaina e introduce el eje tubular, de modo que el ADN pasa directamente al citoplasma.

**Fase de eclipse.** Se le da este nombre a que no se observan virus en el interior de la bacteria. Inicialmente, el ADN vírico, utilizando nucleótidos y ARN-polimerasa del huésped, dirige la síntesis de gran cantidad de ARNm, que inmediatamente sintetiza enzimas endonucleasas, que destruyen el ADN bacteriano e impiden el normal funcionamiento de la célula. Posteriormente, se duplica el ADN vírico y se sintetizan las proteínas de los capsómeros.

Los virus de ADN pequeños que se replican en el núcleo de células eucarióticas poseen determinados puntos donde se inicia la replicación. Las proteínas que participan en ella son codificadas por la célula huésped (excepto el llamado antígeno T). La molécula de ADN lineal del adenovirus replica cada hebra por separado, empezando por los extremos mediante una proteína unida al extremo 5' en lugar de un ácido nucleico cebador.

En virus con ADN monocatenario (parvovirus) las secuencias de cada extremo de estos ADN son autocomplementarias. Éstas pueden plegarse en horquillas. Una ADN polimerasa empieza la copia alargando la cadena a partir del extremo 3' hasta llegar al final, sin necesidad de ningún cebador<sup>1</sup>.

**Fase de ensamblaje.** Los capsómeros se reúnen formando la cápsida, mientras que el ADN vírico se pliega y penetra en la cápsida.

**Fase de lisis o liberación.** En esta fase, los nuevos virus salen al exterior debido a la acción de la enzima endolisina, que actúa induciendo la lisis bacteriana. Los nuevos virus son capaces de infectar bacterias. Para el cultivo de fagos, se inoculan placas de Petri que contienen un medio apropiado con suficientes bacterias para formar una capa continua (césped bacteriano). Como el ataque viral produce finalmente la ruptura o lisis de las bacterias, la adición de virus produce manchas claras (calvas), en la placa Petri.

### 32.6.2. Ciclo lítico virus con envoltura y monocatenario de ARN

Los retrovirus tienen un genoma con dos moléculas de ARN (8500 nucleótidos) aparentemente idénticas. Ambas están unidas entre sí por enlaces no covalentes; cada una tiene un ARNt unido a ellas. Cada virión también contiene alrededor de 50 moléculas de una ADN polimerasa capaz de copiar RNA a DNA (transcriptasa inversa).

---

<sup>1</sup> Este mecanismo de replicación vírica proporciona un modelo de cómo podrían replicarse las regiones terminales de los cromosomas.

El virus de la gripe presenta una envoltura membranosa con glucoproteínas, y una molécula de ARN asociada a una enzima **transcriptasa inversa** o **retrotranscriptasa**.

**Fase de fijación o adsorción.** Las glucoproteínas de la envoltura vírica se ponen en contacto con los receptores glucoproteicos de la membrana de la célula huésped e inducen a la célula a fagocitar el virus, que pasa al interior dentro de un fagosoma.

La unión puede ser mecánica, como la realizada por las espinas basales de los fagos, o con más frecuencia mediante enlaces químicos. A lo largo de la evolución cada tipo de virus ha adquirido la capacidad de fijarse a receptores específicos en la membrana de un determinado tipo celular. Por ejemplo, algunos fagos se fijan a los pelos bacterianos, el virus de la gripe se une a glucoproteínas de la membrana de las células de la mucosa respiratoria, y el receptor del virus de la polio es una lipoproteína de la membrana neuronal.

**Fase de penetración.** Las membranas del fagosoma y de la envoltura del virus se fusionan pasando la cápsida, con el ARN en su interior, al citoplasma. Posteriormente se produce la **desencapsidación**, en la que el ARN vírico se libera de la cápsida.

**Fase de eclipse.** En esta fase no se aprecian virus en el interior de la célula, pero en ella el metabolismo celular es dirigido por el ácido nucleico vírico, para formar los componentes del nuevo virus a partir de los materiales y la energía de dicha célula huésped.

Inicialmente el ARN, gracias a la transcriptasa inversa y al ARNt cebador, da lugar a una copia en ADN bicatenario (ADN provírico). A partir de ésta se produce la transcripción, que dirigirá la replicación de nuevos ARN víricos y la traducción, que da lugar a nuevas proteínas víricas, a la transcriptasa inversa y a las glucoproteínas de la envoltura vírica. El ADN celular no es destruido.

En los retrovirus la integración del ADN provírico es específica y puede dirigir de forma continua la síntesis de nuevas progenies víricas sin que se lisen las células infectadas.

**Fase de ensamblaje.** Una vez contruidos los componentes víricos, se produce la formación de la cápsida, a la vez que el ARN vírico, asociado a una transcriptasa inversa, se introduce en el interior. Una vez formado, el virus migra hacia la periferia celular. Las glucoproteínas víricas se introducen en la membrana de la célula huésped.

**Fase de lisis o liberación.** Los virus inducen la aparición de pequeñas vesículas en la membrana celular, mediante un proceso de gemación, y se introducen en las mismas. Posteriormente se separan de la célula huésped, rodeados de la parte de la membrana que posee glucoproteínas víricas. La salida del virus de la gripe se produce sin provocar la lisis de la célula.

### 32.6.3. Ciclo lisogénico

Algunos virus, al infectar una célula huésped, no la destruyen (ciclo lítico), sino que el ADN vírico pasa a incorporarse al ADN celular. A estos virus se les llama virus atenuados o **profagos**, y a la célula receptora, **célula lisógena**.

El ADN vírico o profago puede permanecer en forma latente varias generaciones, hasta que un estímulo induzca la separación del profago, que iniciará un ciclo lítico típico. Mientras la célula posea al profago, será inmune frente a infecciones de virus de la misma especie que aquél. Esta inmunidad se heredará de generación en generación, ya que el profago se hereda junto con el ADN celular.

Un profago se puede volver virulento por un proceso de inducción, que implica la escisión del profago seguida por el estadio lítico o virulento del ciclo vital del virus.

Actualmente se cree que el **enriquecimiento genético** de los seres vivos, que puede dar lugar a procesos de evolución de las especies, puede deberse, en parte, al transporte de genes realizado por los virus que, al infectar una célula y quedar en estado de profago permanente, dan lugar a un enriquecimiento del genotipo de la célula huésped.

### 32.7. Otras formas acelulares.

**Micoplasmas.** Son células de vida libre, generalmente inmóviles que tienen membrana celular, pero carecen de pared celular. Son los organismos vivos más pequeños que poseen crecimiento autónomo y una estructura sencilla. Su membrana resiste la lisis osmótica (suelen vivir en un ambiente isotónico). Son menores que las bacterias y poseen ADN y ARN. No son parásitos obligados y se multiplican por división binaria o por pluripartición. El PPLO causa la neumonía atípica en el hombre, otras formas provocan enfermedades en el ganado.

**Provirus,** descubiertos en 1951 por B. McClintock en el maíz, son fragmentos de ADN móviles, que constituyen genes y pueden pasar de una célula a otra; no producen enfermedades, sino que inducen pequeñas mutaciones en la célula. Podrían considerarse como formas más autónomas de **transposones**, que son genes móviles que pueden pasar de una célula a otra; se han descubierto en bacterias y en células eucarióticas. A diferencia de los provirus, los transposones se integran en el ADN celular en lugares bien determinados.

**Plásmidos.** Son fragmentos circulares de ADN bicatenario que poseen unos cuantos genes y se encuentran en el interior de algunas bacterias. Actúan y se replican de forma independiente al ADN bacteriano y pueden pasar de unas bacterias a otras. Igual que los provirus, no producen enfermedades, pero inducen pequeñas mutaciones en las bacterias

**Viroides** (ver tema 33). Son pequeñas moléculas circulares de ARN (menos de 400 nucleótidos), sin cápsida proteica, con capacidad infecciosa en células susceptibles. Por ellos es provocada la enfermedad del husillo de la patata o el tomate (viroide PSTV con ARN bicatenario) o la exocortis de los cítricos. Se suelen alojar en el núcleo de las células; no se conoce bien ni su mecanismo de replicación ni su mecanismo infeccioso. Se especula con que los viroides son intrones que han escapado ya que hay homología en tamaño y bases.

Parece ser que los viroides no sólo dependen de la célula huésped para las materias primas necesarias para su replicación, sino también para los enzimas responsables de la misma. No se han encontrado evidencias de viroides parásitos de células animales, aunque se sospecha de su existencia.

**Virusoides.** Se consideran virus de los propios virus.

**Priones.** Es una simple molécula proteica con capacidad infecciosa. El premio Nobel de Medicina de 1997 se otorgó al bioquímico norteamericano Stanley B. Prusiner por el descubrimiento y estudio de los priones. Aunque carecen de ácidos nucleicos, son capaces de producir nuevos priones en los tejidos infectados. El mecanismo para su replicación se desconoce. Una hipótesis apunta hacia la posibilidad de que el prion active en las células eucarióticas parasitadas un gen “latente” con la información que permita formar nuevos priones.

Se conocen tres enfermedades nerviosas en los seres humanos (kuru, enfermedad de Gerstmann-Jakob o de las vacas locas y la enfermedad de Gerstmann-Sträuser-Scheiner) y cuatro en los animales<sup>2</sup> causadas por priones. Todas estas enfermedades tienen un lento desarrollo, son mortales y se cree que están causadas por la ingestión de una proteína de un individuo infectado; no hay curación y se desconoce su mecanismo de acción.

Las enfermedades parecen ser causadas por una proteína similar a la producida normalmente en el cerebro de los individuos sanos. Además de la forma infecciosa del prion, hay una forma familiar de estas enfermedades (heredada) resultante de la mutación del gen que codifica la proteína prion activa en individuos normales (al menos en todos los mamíferos).

### 32.7.1. Origen de los virus

La posición de los virus como frontera entre lo vivo y lo inerte plantea a los científicos problemas sobre su origen.

---

<sup>2</sup> en ovejas y cabras el plurigo lumbar, encefalopatía espongiiforme bovina (vacas locas), encefalopatía contagiosa del visón y diarrea crónica en el ciervo y en el arce.

Para muchos, los virus serían los primeros seres, en la historia de la evolución de lo inerte a lo vivo, que lograrían reunir con eficacia las funciones de replicación, transcripción y traducción. Serían, pues, los organismos menos evolucionados.

A otros, el hecho de que los virus solamente puedan realizar esas tres funciones vitales en el interior de células vivas, les lleva a pensar que los virus no pudieron existir antes de que aparecieran las primeras células, por muy simples que éstas fueran. Los virus serían formas regresivas de organismos celulares que se han adaptado de forma extrema al parasitismo.

Algunos científicos (Temín, 1969) han postulado que los virus serían el resultado de la evolución de algunas formas acelulares: los virus de ADN procederían de provirus y plásmidos, y los ARN, de los viroides. La cápsida de los virus sería un logro evolutivo por el que el material genético se vería protegido en su desplazamiento de una célula a otra, y garantizaría el éxito de la infección.

Por otra parte, las formas acelulares podrían haber nacido en el seno del medio celular, cuando unos determinados genes lograran autonomía respecto al funcionamiento del genoma celular; así, el origen de los virus no estaría ligado necesariamente a los episodios que acompañan a la aparición de la vida sobre la tierra.

Pero también podría hablarse de un proceso inverso: una pérdida de la cápsida reduciría a las unidades autónomas de replicación-transcripción-traducción a la condición de provirus, plásmidos o viroides.

En conclusión, el descubrimiento de las formas acelulares más sencillas que los virus nos ayuda a comprender mejor su naturaleza y significado biológico, pero nos mantiene en la duda de si estamos frente a los primeros organismos salidos de la materia inerte, o frente a formas regresivas resultantes de la especialización en el parasitismo.

## 32.8 Efectos de la infección viral

Además de la infección lítica que destruiría la célula hospedadora y que causa enfermedades por daño directo, y de la infección persistente, que no termina con la célula pero sí reproduce al virus; en la infección latente el genoma vírico se integra temporalmente en la célula hospedadora pudiendo aportar cambios en esta célula

- Los virus, al pasar de una célula a otra pueden transportar genes, de organismos de la misma o de distinta especie, que se pueden insertar en el genoma de estas células receptoras y pudiendo por ello ser uno de los posibles factores de la especiación o formación de nuevas especies (transducción).
- El tratamiento de las infecciones víricas tiene la dificultad de encontrar medicamentos que destruyan al virus sin dañar a la célula hospedadora. Por ello la prevención: higiene, vacunación, cuarentenas, es la mejor defensa. Se están descubriendo y aplicando una serie de productos que pueden bloquear específicamente a los virus en algunas de las fases de su ciclo reproductor.
- Cuando una célula animal es infectada por un virus, puede fabricar y liberar al exterior unas pequeñas proteínas (**interferones**<sup>3</sup>) que se unen a receptores de membrana de células sin infectar, estimulando la síntesis de proteínas antivíricas, que protegen ampliamente a las células vecinas de la infección vírica, tanto contra el virus que provocó su producción como ante otros virus.

Además de este efecto antivírico, los interferones también pueden interactuar con las membranas de algunos tipos de leucocitos, estimulando las respuestas inflamatorias e inmunitarias, siendo también efectivos contra alguna forma de cáncer (leucemias). Aunque se producen en cantidades mínimas, gracias a la ingeniería genética se obtienen en la actualidad mayores cantidades para aplicaciones clínicas.

## 32.9. Algunas enfermedades producidas por virus

No pretendemos hacer una exhaustiva enumeración, sólo nos referimos a alguna, a título indicativo, sobre todo a las que están sujetas a amplias campañas de vacunación.

**Viruela.** Es la enfermedad eruptiva más grave. Tras una incubación de doce días sobreviene la fiebre, dolores de cabeza y vómitos. Más tarde aparecen unos granos rojos, los cuales se llenan de pus y se vuelven amarillos. El pus, al secarse, produce una costra, que, al caer, deja una marca indeleble (picado de viruela). En la viruela negra, a veces mortal, el pus se mezcla con la sangre; en la benigna desaparecen

---

<sup>3</sup> El nombre se basa en que interfieren la actividad vírica.

los granos sin llenarse de pus. La profilaxis o prevención de esta enfermedad se consigue con la vacunación.

**Sarampión.** Es una enfermedad muy común, cuyo diagnóstico no es fácil. La vulnerabilidad del hombre es universal, ya que el que no la padece de niño, la padece en la juventud o, incluso, a cualquier otra edad. Sus síntomas característicos son: fiebre, tos, estornudos, ojos inflamados y erupción cutánea formada por manchas rojas irregulares, que duran de cinco a seis días. La incubación es de ocho a quince días. Confiere inmunidad.

Muy contagiosa, es endémico en los grandes centros de población. En niños de uno a tres años puede ser peligroso, por que puede acompañarse de complicaciones (bronconeumonía).

**Rabia.** La produce un virus con especial apetencia por el tejido nervioso, constituyendo en las células del encéfalo infectadas una especie de granitos redondeados (cuerpos de Negri). Se propaga por la saliva de los animales atacados, es muy difusible y termosensible, también los antisépticos son eficaces, soportando, en cambio, muy bien el frío. Se trata de una enfermedad mortal para el individuo atacado; sus síntomas son: gran excitación nerviosa, melancolía, delirio, accesos de furor, horror al agua (hidrofobia), dolorosas contracciones musculares, necesidad de huir y parálisis progresiva, que conduce a la muerte en el plazo de cuatro a seis días, conservando hasta el final pleno uso de las facultades. Se adquiere la enfermedad por mordedura de perros o animales enfermos, que inoculan el virus con la saliva. La vacuna antirrábica es la mejor medida preventiva, pero si el virus ha llegado a invadir los grandes centros nerviosos y se manifiestan los primeros síntomas, el tratamiento es ineficaz.

**Poliomielitis.** También conocida por parálisis infantil. El diminuto virus (15 milimicras) ataca al sistema nervioso, destruye las células motoras de las astas anteriores de la médula, origina parálisis y se ceba, sobre todo, en los músculos de las piernas. Ataca con frecuencia y especialmente a los niños, produciendo, en ocasiones la muerte, por parálisis de los músculos del sistema respiratorio. La incubación oscila entre tres y diez días. Los síntomas más característicos son: fiebre, vómitos, somnolencia, dolor de cabeza, rigidez de cuello y de las extremidades, malestar generalizado, etc. La enfermedad confiere inmunidad completa. En la actualidad existen diversas vacunas, como la vacuna Salk, Sabin y otras.

### 32.9.1. Virus y Cáncer

El genoma de los vertebrados normales contiene muchos genes potencialmente causantes del cáncer (**genes transformantes u oncogenes**). Los genes equivalentes normales (**protooncogenes**) que se han identificado hasta ahora parecen ser genes básicos para la vida animal, ya que son muy conservados a lo largo de la evolución.

Se conocen tres tipos diferentes de agentes transformantes de las células en células cancerígenas: los virus, los productos químicos, y las radiaciones.

Desde que a principio de siglo Peyton Rous descubrió que un tipo de cáncer (sarcoma de las gallinas) se podía transmitir a animales sanos inyectándoles un extracto filtrado y no esterilizado de tumor, se tiene la evidencia de que algunos virus pueden intervenir en la génesis del cáncer. Hoy se conocen bastantes virus que producen cánceres de animales y algunos que intervienen, con toda probabilidad, en carcinogénesis de neoplasias humanas (**virus oncógenos u oncovirus o virus tumorales**).

Estos virus causan la transformación como consecuencia de su capacidad para integrar su información genética en el ADN de las células huésped (ver ciclo lisogénico). A menudo desencadenan la producción crónica de una o varias proteínas (proteínas transformantes)<sup>4</sup>, responsables de que las células infectadas se mantengan permanentemente transformadas.

Todos los tipos de **virus de ADN** pueden ser virus tumorales, que lo sean o no depende de su replicación. Por ejemplo el caso de los papovirus (verrugas).

---

<sup>4</sup> Las proteínas transformantes se sintetizan bajo la dirección de los genes transformantes del genoma vírico en los virus con ADN. En los retrovirus(ARN), los genes transformantes son celulares normales o activados por el virus.



Éstos se multiplican en dos fases: una **temprana** durante la que se replica el ADN y prepara la célula para producir más virus ADN, y otra **tardía** durante la cual se sintetizan las proteínas de la cubierta y maduran los nuevos viriones.

Ciertas especies de animales (monos) contienen células denominadas **permisivas** para los papovirus en las que, la infección del virus desencadena una típica respuesta lítica. Cada tipo de papovirus tiene una estrecha gama de células permisivas, en las que se expresan tanto los genes tempranos como los tardíos para producir la lisis celular. Raramente, virus mutantes, sólo expresan los genes tempranos y, entonces, las células huésped se convierten en transformantes.

En células no permisivas, la síntesis de las proteínas tempranas provoca la transformación de las células (transformación morfológica); continúan dividiéndose y, la mayoría, pierden el genoma vírico y reversionan a un crecimiento normal (transformación abortada). Pero, ocasionalmente, el genoma vírico queda integrado en el ADN celular y la descendencia queda permanentemente transformada.

La **inducción del cáncer** parece ser una consecuencia de tres circunstancias particulares: la presencia en el genoma vírico de genes transformantes en la fase temprana, la integración accidental del ADN vírico en el ADN de células no permisivas, y la ausencia de lisis celular después de una infección en células no permisivas. Estas tres circunstancias permiten al virus transformar permanentemente las células no permisivas, siempre y cuando el ADN vírico esté integrado de manera que no se impida la expresión de los genes tempranos.

Se han encontrado virus tumorales humanos en situaciones muy concretas, pero existen pocas pruebas que apoyen una implicación vírica en los tipos de tumores humanos predominantes en países desarrollados.

Un virus que con seguridad produce cáncer en el hombre es el de **Epstein-Barr**: da origen a un cáncer especial del tejido linfático (linfoma de Burkitt) y al carcinoma nasofaríngeo. Es un virus ADN de tipo herpes. En el mundo occidental no es causa de cáncer sino de mononucleosis. Se piensa que la malaria es la causa de que, este virus, provoque cáncer en África.

El **virus de la Hepatitis B**, además de causar la inflamación del hígado, provoca con frecuencia un cáncer de este órgano (carcinoma hepatocelular). Es un virus de ADN, pero se multiplica a través de una ARN intermedio al igual que los retrovirus. Se investiga si es el virus el causante directo del cáncer o lo es en colaboración sinérgica con otra causa.

Una variedad de virus del herpes, el **herpesvirus tipo 2**, con toda probabilidad induce el cáncer de cuello uterino.

Otros virus de interés son los que originan los **Papiloma** (en la planta de los pies). Son los papovirus descritos antes.

Los **retrovirus (ARN) transductores** surgen como resultado de reordenamientos complejos después de la integración del retrovirus cerca de un protooncogen celular. La información genética de las células adquirida por los retrovirus, los ha cambiado a virus con capacidad transformante. Al menos se han descubierto 20 genes víricos transformantes distintos. Éstos genes provocan la aparición de leucemia y de sarcomas (según el tipo de células infectadas).

La actividad transformante de los retrovirus transductores es consecuencia de: a) la actividad transformante proporcionada por el genoma celular (oncogenes), b) y los elementos genéticos heredados del retrovirus madre, que permiten la expresión de los oncogenes.

Estos virus, como todos los demás agentes del cáncer, causan transformación celular mediante la alteración de los tipos de proteínas sintetizadas en las células. El virus añade nuevos genes activos cuyos productos son responsables directos de la transformación.

Dentro de los **retrovirus humanos** destacamos:

El **virus del sarcoma de Rous (RSV)**, es el prototipo de oncovirus (virus de ARN o retrovirus). Durante el ciclo reproductor de estos virus (mediante la transcriptasa inversa o retrotranscriptasa), el ADN vírico termina insertándose entre el ADN propio de las células y allí sirve de molde para sintetizar el ARN vírico.



Una de las fracciones del ADN vírico podría ser la causa de la transformación cancerosa de la célula (gen src en el sarcoma de Rous). Genes de esta naturaleza se denominan hoy oncogenes.

El **virus de la leucemia de las células T humanas (HTLV)**, muy desarrollado en el sur de Japón, Caribe y ciertas zonas africanas. El proceso no parece implicar la presencia de algún oncogén en el virus. El virus del SIDA (HTLV-III) es muy parecido a éste. Uno de los resultados del SIDA es la propensión de los pacientes a desarrollar el sarcoma de Kaposi, un tumor muy raro.

Resumen de alguno de los cánceres humanos que pueden ser causados por virus (menos de un 16 % del total)

CÁNCER	VIRUS	FAMILIA-GENOMA
Leucemia de la célula T en adulto	Virus de la leucemia humana	Retrovirus - ARN
Linfoma de Burkitt	Virus de Epstein-Barr	Herpes - ADN
Carcinoma nasofaríngeo	Virus de Epstein-Barr	Herpes - ADN
Cáncer de hígado	Virus de la hepatitis B	Sin clasificar - ADN
Cánceres cervicales.	Virus del herpes simple	Herpes - ADN
Cánceres de piel	Papilomavirus	Papova - ADN
Sarcoma de Kaposi	Citomegalovirus	Herpes - ADN

### 32.9.2. El S.I.D.A.

Es, sin duda, la más grave ETS y un gravísimo problema sanitario por la enorme difusión que está adquiriendo y por su evolución siempre mortal, ya que no existe, hasta ahora, ningún medio de tratamiento eficaz. El S.I.D.A. (Síndrome de Inmunodeficiencia adquirida) es una enfermedad de origen vírico, caracterizada por un cuadro patológico extremadamente variado: neumonía, meningitis, encefalitis, graves infecciones esofágicas, intestinales o dermatológicas, la mayoría de las cuales son debidas a la presencia de parásitos oportunistas (que sólo afectan a las personas con un sistema inmunitario insuficiente), cáncer de piel, fiebres crónicas, inflamaciones persistentes, linfadenopatías, diarreas, etc.

El virus (contiene ARN) es el responsable de la falta de linfocitos activos, por que los destruye, y en consecuencia los enfermos son incapaces de luchar contra los patógenos. Esta falta de inmunidad los hace sensibles a todos los microorganismos (oportunistas) que no provocan enfermedades a los individuos sanos.

El contacto entre las espículas de su envoltura membranosa y los receptores de la célula hospedadora (linfocitos T auxiliares), que mediante endocitosis, activa la captura; una vez en el interior del endosoma, la envoltura del virus se funde con la de la vesícula endosómica, y arroja el virus infectivo al citoplasma del linfocito. A continuación procede como se ha descrito en el apartado 32.6.2.

Las vías de transmisión del virus son: la sangre, por eso puede darse entre hemofílicos y heroínómanos; y el plasma seminal, de ahí que la transmisión sexual sea muy importante, no sólo entre personas homosexuales sino también entre heterosexuales.

Como medidas preventivas más aconsejables, señalamos:

- Reducir en número de compañeros sexuales sobre todo desconocidos ya que el frecuente cambio de pareja aumenta el riesgo.
- Evitar el riesgo de contagio sexual utilizando preservativos a lo largo de todas las fases del coito, no sólo en el momento de la eyaculación..
- Evitar la introducción de objetos extraños en el recto.
- No compartir jeringas u otros objetos, como maquinillas de afeitarse, cortauñas, cepillos de dientes u otros objetos que puedan estar contaminados con sangre.

Las acciones terapéuticas contra el virus del SIDA pueden dirigirse a atacar al virus en varios puntos, a saber:

- bloqueando el desprendimiento de la envoltura del virus,
- inhibiendo la acción de la retrotranscriptasa,
- impidiendo la traducción, o

- inhibiendo el proceso de autoensamblaje y liberación de los nuevos virus.

En la terapia actual se utilizan, combinados de distintas maneras, seis inhibidores de la retrotranscriptasa y tres inhibidores de la proteasa; con estos tratamientos combinados se está logrando, en algunos casos, suprimir la producción de virus hasta niveles tan bajos que no se detecta el VIH en sangre mediante los análisis al uso. Los investigadores se muestran cautos pero esperanzados y optimistas en lucha contra el SIDA.

www.eltemario.com