



VACUNASPARATODOS

Publica

© Sociedad de Gestión del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia, S.L.
Prolongación Paseo de la Alameda, entresuelos 1 y 2
46023-Valencia (España)

1ª edición: marzo de 2005

Impresión

Toni Burguera Impremta, S.L.

ISBN

84-933804-1-5

Depósito Legal

V-1037-2005

Impreso en Valencia (España)

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del *Copyright*, bajo las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático.



902 100 031 · www.cac.es

Índice

Antes de la visita

Contenidos de la exposición

La expedición de Balmis y su tiempo ————— 5

¿Qué fue la Real Expedición Filantrópica de la Vacuna?
¡A sus órdenes, Majestad!
Los protagonistas
¿Vacunas para todos?
Pero, ¿en qué consistía la vacuna?
En aquella época dijeron...
También dijeron...

El virus de la viruela ————— 13

¿Qué es un virus?
La viruela: una cruel enfermedad
Contagio
Y llegó la vacuna...

Pasado, presente y futuro de las vacunas ————— 18

¿Qué son las vacunas?
Los padres de la vacunación
Dime dónde has ido y te diré de qué te has vacunado
Ventanas a lo invisible
Microbios
Lo último en vacunas
Homenaje a los niños

Después de la visita

La exposición en preguntas ————— 28

Para hacer en el colegio ————— 33





¿Qué fue la Real Expedición Filantrópica de la Vacuna?



El 30 de noviembre de 1803, la corbeta *María Pita*, de 200 toneladas, zarpó del puerto de La Coruña. Se ponía en marcha la Real Expedición Filantrópica de la Vacuna, el primer programa de vacunación masiva realizado en el mundo. La expedición respondió a las peticiones de ayuda procedentes de los territorios españoles de ultramar, donde se reclamaban medios para luchar contra la terrible viruela.

La vacuna se había difundido por Europa, pero no había llegado a América al no conocerse ningún método eficaz para conservar el material vacunal durante la larga travesía del Atlántico (algo más de dos meses).



¡En sus órdenes, Majestad!

El rey Carlos IV ordenó la expedición para proteger a los súbditos de las colonias

El 6 de junio de 1803, una Real Orden de Carlos IV dispone que se organice una expedición científica para llevar la vacuna de la viruela a los territorios españoles de ultramar. Esta expedición es un programa de gobierno organizado y financiado por España, y se acompañó de los documentos necesarios para que contara con el obligado apoyo de las autoridades e instituciones americanas y filipinas.

La financiación y equipamiento de una expedición resultaba muy costosa, tanto por la cantidad de personas que movilizaba, como por los intereses económicos que creaba. Y uno de los gastos principales era el de los barcos empleados. La corbeta *María Pita* fue la embarcación que se utilizó para cruzar el Atlántico y llevar la vacuna hasta México; pero, en total, se emplearon cinco barcos.



“Deseando el Rey -Don Carlos IV- ocurrir a los estragos que causan en sus dominios de Indias las epidemias frecuentes de viruelas, y proporcionar a esos sus amados vasallos los auxilios que dictan la humanidad, el bien del Estado y el interés mismo de los particulares, así de las clases más numerosas, que por menos pudientes sufren mayores daños, como de las otras, acreedoras todas a su Real Beneficencia, se han servido resolver, oído el Dictamen del Consejo y de algunos sabios, que se propague a ambas Américas, y si fuese dable a las Islas Filipinas a costa del Real Erario la inoculación de la vacuna, acreditada en España y casi toda Europa como un preservativo de las viruelas naturales. A este fin ha mandado S.M. formar una expedición marítima compuesta de profesores hábiles y dirigida por su médico honorario de Cámara Don Francisco Xavier de Balmis, que deberá hacerse a la vela cuanto antes del Puerto de La Coruña, llevando competente número de niños, que no hayan pasado viruelas para que inoculados sucesivamente en el curso de la navegación, pueda hacerse el arrivo a las Indias de la primera operación brazo a brazo, que es el más seguro medio de conservar y comunicar el verdadero fluido vacuno con toda su actividad...”

Los protagonistas

Un total de 22 niños de 3 a 9 años llevaron la vacuna en su cuerpo hasta América



La Real Expedición Filantrópica de la Vacuna estuvo dirigida por Francisco Javier Balmis. El equipo estaba formado por tres médicos ayudantes (José Salvany y Lleopart, Manuel Julián Grajales y Antonio Gutiérrez Robredo), dos practicantes y tres enfermeros.

Para asegurar que tendría la vacuna de la viruela en La Coruña, Balmis salió de Madrid con 10 niños de la Casa de los Desamparados, a los que fue vacunando sucesivamente durante el viaje. Sin embargo, para asegurar el éxito del transporte hasta América, necesitaba 22. Como deseaba que estuvieran acostumbrados al mar, eligió los niños de las casas de expósitos de esta región costera.

Isabel Cendala y Gómez, rectora del hospicio coruñés, los acompañó y cuidó durante la travesía. Su entrega y dedicación la convirtieron en la primera mujer que participó oficialmente en una expedición marítima.

Balmis



Balmis era un alicantino culto, optimista, activo, tenaz, valiente y con dotes para la organización y el mando. Cuando fue nombrado director, a los 49 años, llevaba una vida dedicada al ejercicio de la Medicina y había residido en América, por lo que su elección fue muy acertada. Pero también era intransigente, irascible y excesivamente seguro de sí mismo; mientras preparaba la expedición se ocupó de concentrar todo el poder. Fue traductor del primer tratado sobre vacunaciones que se publicó en España, y logró el reconocimiento por todo su trabajo. Hizo interesantes estudios botánicos, por lo que se le dedicó el nombre de una planta, la *Begonia balmisiana*.

Salvany

8



Salvany tenía 26 años cuando le nombraron miembro expedicionario. Era un médico barcelonés desconocido, pero de brillante expediente académico y profesional. Su protagonismo comienza cuando la expedición se divide a causa de las graves epidemias que asolaban América del Sur, pues Balmis lo elige para dirigir el nuevo grupo expedicionario. Su iniciativa, tesón y laboriosidad es lo que permitió la difusión de la vacuna en esas tierras. Sufrió muchos problemas de salud, y durante la expedición perdió el ojo izquierdo y la movilidad de una muñeca. Pidió algún cargo público que le permitiera descansar, pero nunca se lo concedieron y murió desempeñando su labor.

HACIENDO EL EQUIPAJE.

¿QUÉ LLEVARON EN LA MALETA?

La expedición llevaba un botiquín con 2.000 pares de vidrios para mantener el fluido vacuno, una máquina neumática, 4 barómetros, 4 termómetros y 6 libros en blanco para registrar los trabajos realizados. También llevaban 500 ejemplares de la versión española del *Tratado histórico y práctico de la vacuna*, de Moreau de la Sarthe, traducida por Balmis, para distribuir gratuitamente al personal médico ultramarino.

MÓDULOS

● LOS TRIPULANTES: BALMIS, SALVANY, LOS GALLEGUITOS Y LA RECTORA

En una recreación de la cubierta de la goleta *María Pita* que partió desde el puerto de La Coruña, se presentan los protagonistas que participaron en esta expedición.

● EL MUNDO DE BALMIS

Montando correctamente un puzzle con la cara del médico alicantino, se pueden conocer más aspectos sobre la biografía de Francisco Balmis.

● OLORES ULTRAMARINOS

Representación de las mercancías y los productos típicamente importados de aquella época: pimentón, cacao, granos de maíz, habichuelas, hojas de tabaco...

¿Vacunas para todos?

La expedición de la vacuna dio la vuelta al mundo

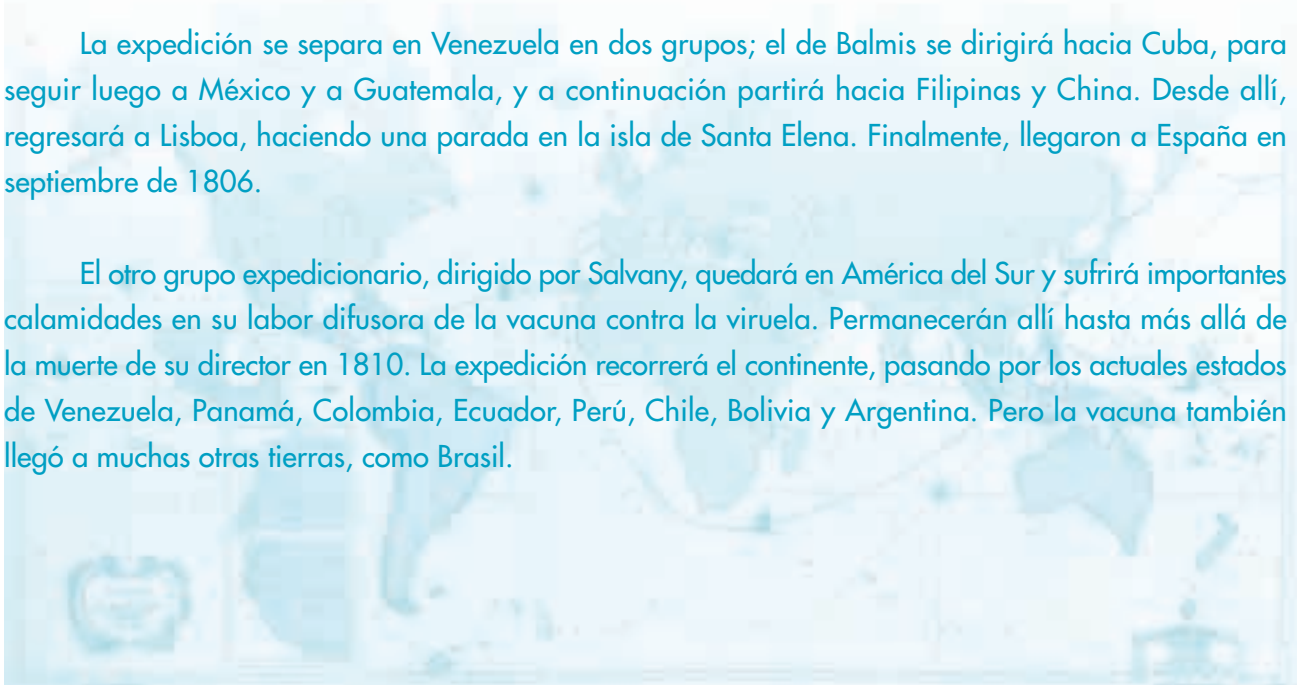


Durante siete años, los expedicionarios cruzaron océanos, selvas y cordilleras, sufrieron las fatigas del calor y de la enfermedad, lucharon contra rechazos sociales y vencieron trabas administrativas para que la vacuna contra la viruela llegara a todas las gentes de las tierras por donde pasaron. Y algunos también dejaron la vida en este objetivo.

Tras hacer escala en Santa Cruz de Tenerife, la expedición vuelve a partir el 6 de enero de 1804; en febrero, llega a Puerto Rico, y de ahí viaja a Venezuela.

La expedición se separa en Venezuela en dos grupos; el de Balmis se dirigirá hacia Cuba, para seguir luego a México y a Guatemala, y a continuación partirá hacia Filipinas y China. Desde allí, regresará a Lisboa, haciendo una parada en la isla de Santa Elena. Finalmente, llegaron a España en septiembre de 1806.

El otro grupo expedicionario, dirigido por Salvany, quedará en América del Sur y sufrirá importantes calamidades en su labor difusora de la vacuna contra la viruela. Permanecerán allí hasta más allá de la muerte de su director en 1810. La expedición recorrerá el continente, pasando por los actuales estados de Venezuela, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Chile, Bolivia y Argentina. Pero la vacuna también llegó a muchas otras tierras, como Brasil.



¿QUÉ LE DEBO DOCTOR?

Se considera que entre las expediciones científicas promovidas por los reyes españoles, ésta fue la más noble y humana, pues vacunó a cientos de miles de personas consiguiendo protegerlas contra la viruela. Además, por orden real, la vacuna no podía ser objeto de comercio ni beneficio particular alguno.

10

Pero, ¿en qué consistía la vacuna?

La vacuna de la viruela humana consistía en contagiar con el virus de la viruela de las vacas. Esta enfermedad, menos dañina, tan sólo producía pústulas en manos y brazos, pero protegía contra la viruela humana.

El fluido de la vacuna se extraía de las pústulas y se inoculaba a personas que no habían sufrido la enfermedad, pues si la hubieran pasado serían inmunes. Pero estas pústulas sólo duraban unos días.

Para mantener activa la vacuna durante la travesía, se programó una cadena de niños a quienes cada semana se les inoculaba el fluido pasándola de brazo a brazo.

MÓDULO

- MEDIANTE UN ORDENADOR SE SIMULA EL MÉTODO EMPLEADO EN LA EXPEDICIÓN PARA LLEVAR LA VACUNA DE LA VIRUELA HASTA AMÉRICA

A partir de 22 niños, hay que ir vacunándolos con el método adecuado para conseguir llegar a América: aislar a los recién vacunados, vacunar cada 15 días y vacunar por duplicado por si algún fluido resulta inactivo. Estas consideraciones dan idea de la complejidad que tuvo la expedición.

La cubierta del barco, dibujada en la pantalla, está separada en dos partes. Inicialmente, hay 22 niños de color amarillo en una de las partes, y pinchándolos con el ratón les inoculamos la vacuna y se vuelven rojos. Pasados cinco segundos se vuelven azules, inmunizados. Si durante el tiempo que son rojos tocan a otros niños amarillos, éstos se vuelven rojos, se contagian y enferman. Para poder pinchar un niño amarillo y volverlo rojo, siempre se deben tener niños rojos. Un contador de tiempo empieza con 90 días, y va disminuyendo: un día son 2 segundos.

El objetivo es conseguir tener algún niño de color rojo cuando el contador llegue a cero.

En aquella época dijeron...

Una época ilustrada y de grandes cambios



No me imagino que en los anales de la historia haya un ejemplo de filantropía tan noble y grande como éste.

Edward Jenner, en 1806



Este viaje permanecerá como el más memorable en los anales de la historia.

Alexander von Humboldt, en 1825

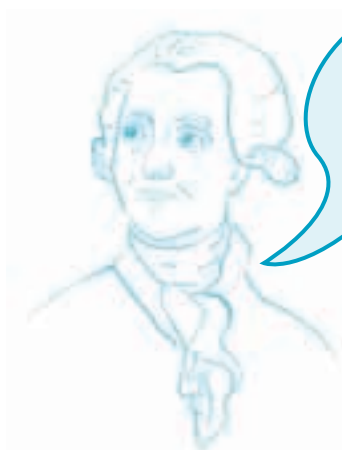
Los años que transcurren entre la segunda mitad del siglo XVIII y la primera del XIX aparecen repletos de acontecimientos que marcaron tanto la historia del mundo como la de España.

El nacimiento de las ideas ilustradas (igualdad, justicia, libertad y racionalidad) y su expansión, la revolución francesa y la posterior coronación de Napoleón Bonaparte, y el ocaso del imperio español determinaron gran parte de los acontecimientos que convulsionaron a Europa durante esta época de transición histórica.

Son años, también, en los que nace la Química como ciencia, gracias a los trabajos de Lavoisier, y en los que culmina la revolución científica con las aportaciones de Isaac Newton.

También dijeron...

12



Ruego que no vean en los hechos más de lo que presentan, que eliminen todo lo que el razonamiento ha dado por supuesto.

Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794)



Si pude ver más lejos fue porque me subí sobre hombros de gigantes.

Isaac Newton (1642-1727)

Y en “Perfiles de la Ciencia”



La naturaleza no da saltos.

Carolus Linnaeus (1707-1778)



Poco conoce el mundo cuántas ideas que han pasado por la mente del científico han sido aplastadas en silencio por un resultado adverso.

James Watt (1786-1819)



No he conocido más que dos placeres: la pereza y el sueño.

**Michael Faraday
(1791-1867)**

¿Qué es un virus?

El sarampión, la gripe, la hepatitis, el herpes, el sida y algunos cánceres son otras enfermedades causadas por los virus



13

Los virus son agentes infecciosos muy pequeños, mil veces más pequeños que una célula humana. Se conoce una gran diversidad de virus, pero todos poseen la sustancia que caracteriza a los seres vivos: el ADN. En él están los genes, que son las instrucciones de la vida.

Para reproducirse están obligados a parasitar células vivas, pero fuera de ellas no muestran señales de vida. Estas características los hacen muy difíciles de combatir, pues los fármacos no pueden diferenciar las células sanas de las que están infectadas.



Virus de la viruela

El virus de la viruela es mucho más grande y complejo que otros virus, y posee 200 genes, casi tantos como los que tienen las bacterias más pequeñas.

La viruela: una cruel enfermedad

Un virus grande y complejo es la causa de la viruela

Aunque la viruela causaba ceguera y muerte, casi era más temida por el carácter desfigurante de sus cicatrices, párpados vueltos y labios monstruosos. Tampoco era extraño que los enfermos desarrollaran sordera, parálisis, diversas mutilaciones, trastornos digestivos e incluso demencias.

El período de incubación es de unos 10 ó 12 días. Al cabo de ese tiempo, la persona sufre malestar general, fiebre elevada y unas sensaciones dolorosas que recuerdan las de una gripe fuerte. Unos dos o tres días después, aparece una erupción en la cara que, en los dos días siguientes, se extiende por el cuerpo. Su distribución es más densa en la cara y en las extremidades que en el tronco.

Las pústulas que origina son pequeñas, rojas, parecidas a granos, y aumentan rápidamente de tamaño, convirtiéndose en vesículas. Primero están llenas de líquido limpio, pero hacia el quinto día de la erupción se hacen purulentas. En los casos más graves, pueden llegar a deformar la cara del enfermo hasta el punto de resultar irreconocible.

Hacia el décimo día, comienzan a formarse costras. Éstas se desprenden a las tres semanas, dejando zonas despigmentadas que pueden formar terribles cicatrices; las que tienen forma de hoyuelo se llamaban popularmente “picaduras de viruela”. Las complicaciones que afectan a órganos como el corazón y los pulmones son las que causan el elevado índice de fallecimientos. Cuando surge, la muerte sucede entre la primera o segunda semana de la enfermedad. Una vez contraída, no existe un tratamiento eficaz.

VIRUELA: CONDENADA A MUERTE

La viruela fue el primer organismo vivo en vías de ser extinguido deliberadamente de la Tierra. La Organización Mundial de la Salud (OMS) realizó campañas de vacunación y erradicación de la viruela, hasta que el 9 de diciembre de 1979 se declaró la erradicación de la viruela en el mundo.

Durante la campaña, la OMS ofreció recompensas para encontrar los últimos casos de viruela.

Se guardaron muestras del virus en laboratorios para en un futuro producir vacunas si se reproducía la enfermedad en algún lugar.

MÓDULO

● HUELLAS EN LA PIEL

Se muestran las huellas que dejan diferentes enfermedades: cicatrices y estética pustular. El mundo de las cicatrices.

Contagio

Entre 10 y 100 virus de la viruela son necesarios para contagiar la enfermedad



15

El virus de la viruela se transmite por vía respiratoria con gran facilidad, y puede pasar de unas personas a otras a través de las diminutas gotas de saliva que se expelen por la boca y por la nariz. También se puede contagiar por contacto directo con fluidos corporales infectados. La enfermedad es contagiosa desde que aparecen las primeras lesiones hasta que se desprenden las costras.

En un estornudo se pueden expeler hasta 100.000 bacterias y millones de virus. Como el agua se evapora rápidamente, los agentes infecciosos pueden permanecer suspendidos en el aire hasta ser respirados por otras personas. Algunos estudios encuentran que el 90% de los virus de la viruela así expelidos son inactivos al cabo de un día, mientras que otros encuentran virus activos al cabo de varios días.



Al estornudar, gritar o simplemente hablar se expulsan al aire una gran cantidad de pequeñas gotas de unas 10 milésimas de milímetro de tamaño. Además de agua y sustancias mucilaginosas, pueden llevar diferentes microbios.

Las vías por las que se puede contagiar una enfermedad infecciosa son variadas: los alimentos, el agua, el contacto directo, el aire, los animales e incluso algunas prácticas médicas.

Se habla de “epidemias” cuando una enfermedad se contagia rápidamente a un gran número de personas en un área determinada; y se convierten en “pandemias” cuando su alcance es continental. Una pandemia conocida es la de gripe de 1918-1919, que mató a más de 20 millones de personas en todo el mundo.

Y llegó la vacuna...

Jenner descubrió la vacuna de la viruela a partir de una enfermedad de las vacas y Pasteur amplió la idea de vacunación

A mediados del siglo XVIII, ya se reconocía que las mujeres que ordeñaban las vacas no sufrían la enfermedad de la viruela humana si se habían infectado previamente de viruela vacuna. La viruela vacuna causaba ampollas en las ubres de las vacas. Muchas de las mujeres que ordeñaban vacas se contagiaban de la enfermedad, desarrollando ampollas similares en sus manos y brazos, pero que no causaban gran enfermedad en los humanos. Cuando alguna población era atacada por una epidemia de viruela humana, estas mujeres no padecían ninguna infección.

Ese conocimiento popular fue el que dio a Edward Jenner la idea de estudiar la veracidad de esa creencia, decidiendo probar la hipótesis de que la viruela vacuna protegía a las personas de la viruela humana.

En 1796, Jenner observó que una ordeñadora llamada Sarah Nelmes desarrolló viruela a través del



"Para observar mejor cómo evolucionaba la infección, inoculé la viruela vacuna a un niño sano de ocho años. La vacuna procedía de una pústula del brazo de una ordeñadora, a quien había contagiado la vaca de su señor. El 14 de mayo de

1796, se la inyecté al niño a través de dos cortes superficiales en el brazo, cada uno de los cuales tenía la anchura de un pulgar. El séptimo día, se quejó de pesadez en el hombro; el noveno, perdió el apetito, tuvo algo de frío y un ligero dolor de cabeza; durante todo el día se encontró enfermo y pasó la noche inquieto, pero al día siguiente volvió a encontrarse bien. La zona de los cortes evolucionaba hacia la fase de supuración, ofreciendo exactamente el mismo aspecto que adquiere la materia virulosa... Para cerciorarme de que el niño, levemente infectado por la viruela vacuna, había quedado realmente inmunizado contra la viruela humana, el 1 de julio le inyecté materia virulosa que había extraído con anterioridad de una pústula humana. Se la apliqué profusamente mediante varios cortes y punturas, pero no dio lugar a ningún ataque de viruela. En los brazos aparecieron los mismos síntomas que provocan las sustancias virulosas en los niños que han sufrido variola o viruela vacuna. Al cabo de unos meses, le volví a inocular materia virulosa, que en esta ocasión no produjo ningún efecto visible en el cuerpo".

contacto con las vacas; tenía en sus dedos lesiones frescas de viruela vacuna. Días después, sacó fluido de una pústula de la mano de Sarah e inoculó el extracto a James Phipps, un niño saludable de ocho años. Seis semanas más tarde, inoculó al niño con el virus vivo de la viruela humana, pero el niño no se enfermó. Jenner también expuso a varias personas que habían sufrido anteriormente viruela vacuna a viruela humana, sin causar infección en ellas.

Estos experimentos y observaciones llevaron a Jenner a concluir que, efectivamente, el virus de la viruela vacuna protegía contra el virus de la viruela humana. Había nacido la primera vacuna.

En 1885, Louis Pasteur practicó una vacuna contra la rabia inoculando tejido nervioso desecado de animales que tenían la enfermedad; ya había demostrado que el calor y el tiempo atenuaban la virulencia de los microbios. Así comprobó que era posible inmunizar de una enfermedad utilizando el microorganismo que la causa.



Yo no cogeré la viruela humana porque ya he pasado la viruela vacuna.

¿Qué son las vacunas?

La vacunación sirve para *entrenar* al sistema inmune a combatir la infección

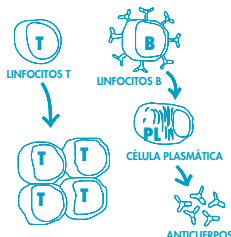
18

La vacunación es un mecanismo de defensa preventiva que consiste en introducir en el organismo un agente infeccioso debilitado, muerto, o incluso trozos del mismo, para desencadenar una respuesta inmunológica de defensa sin causar la enfermedad. El organismo reacciona como si se tratara de una auténtica infección, aprendiendo el proceso. Así, cuando se presente la infección verdadera, ya sabrá cómo combatirla.

La inmunidad es altamente específica. Esto quiere decir que una persona que se recupera de la viruela queda protegida del virus que la produce, pero no frente a otros (sarampión, varicela, hepatitis, etc.). Por eso es necesario vacunarse contra cada enfermedad infecciosa.

Los linfocitos son células que se encuentran en la sangre. Dan identidad al organismo, ya que distinguen lo propio de lo extraño. Muchos circulan por el cuerpo hasta que detectan una infección; entonces se dirigen hacia allí para hacerla desaparecer.

Existen dos poblaciones de linfocitos: los B y los T. Ambos pueden reconocer y unirse a cualquier sustancia extraña (antígeno) que llegue al organismo. Cuando esto sucede, los linfocitos se activan y multiplican rápidamente. La misión de los B es fabricar anticuerpos, que son sustancias dirigidas contra el invasor o contra las toxinas que elabora; los T se encargan de destruir las células del organismo que están infectadas por virus o que son cancerosas, y de ayudar a los linfocitos B a fabricar los anticuerpos.



Cuando un linfocito B se activa, parte de sus descendientes forman las células de memoria, que se ocuparán de facilitar una respuesta inmune más rápida ante una posterior aparición del mismo antígeno, aunque ocurra varios años más tarde. Pero la mayor parte de ellos se transformará en células plasmáticas, capaces de liberar anticuerpos a razón de 1.500 unidades por segundo.

Los padres de la vacunación

La historia de la vacuna contra la viruela es un ejemplo de cómo el conocimiento científico cambia las costumbres y las ideas de la población. En un principio fue rechazada por una parte importante de la población, incluso la Royal Society no aceptó los escritos de Jenner explicando cómo obtenía y administraba la vacuna. No entendían, por ejemplo, cómo se podían librar de una enfermedad contagiándose con otra. Para muchos médicos era un absurdo que contradecía sus principios el transmitir la enfermedad a un cuerpo sano. Y para el clero parecía pecaminoso oponerse a las leyes y designios del creador.

El conocimiento científico puede sorprender e incluso crear graves polémicas cuando se descubre que el mundo no es como parece ni como se desearía que fuera. Y algunos descubrimientos pueden tener tantas implicaciones sociales que la población tarda varias generaciones en asumirlos (este, por ejemplo, es el caso de la evolución de la vida). Sin embargo, con el tiempo, la vacunación contra la viruela fue rápidamente practicada y aceptada por todos.

1000 a. C. En la India se inoculaba a personas sanas con las pústulas de enfermos de viruela. La infección era menos mortífera y causaba cierta protección contra la enfermedad. Este proceso se denominó **VARIOLIZACIÓN**.

1721 Lady Mary Wortley Montagu, mujer del cónsul británico en Estambul, introdujo la variolización en Inglaterra, al ver cómo la realizaban los turcos.

1796 Edward Jenner practicó la primera vacunación a un niño, al inocular material de las pústulas de ordeñadoras contagiadas de viruela vacuna. Días después, le inoculó la viruela humana sin causar enfermedad. Había nacido la primera vacuna.

1885 Louis Pasteur administra la vacuna de la rabia a un niño de nueve años; estaba compuesta de agentes debilitados productores de la enfermedad: el virus de la rabia.

1896 Wright y Pfeiffer experimentan la primera vacuna antitifoidea.

1897 Haffkine introduce la vacuna inactivada contra la peste.

1903 Real Decreto: dictamina la obligatoriedad de la vacunación de la viruela en España.

1920 Calmette y Guérin preparan la vacuna BCG contra la tuberculosis.

1923 Behring y Ramón introducen la primera vacuna antidiftérica.

1936 Smith, Francis y Magill vacunan por primera vez contra la gripe.

1954 Salk introduce la vacuna de virus muertos contra la polio.

1957 Sabin introduce la vacuna de virus atenuados contra la polio.

1963 Enders y Schwartz introducen la vacuna contra el sarampión.

1967 Hilleman introduce la vacuna contra la parotiditis (paperas).

1969 Plotkin introduce la vacuna contra la rubeola.

1971 Schneerson introduce la vacuna contra *Haemophilus influenzae* tipo B.

1973 Takahashi introduce la vacuna contra la varicela.

1976 Austrian introduce la vacuna contra el neumococo.

1978 Maupa y Hilleman preparan la vacuna plasmática contra la hepatitis B.

Edward Jenner (1749-1823)

Médico rural, observó en su pueblo natal, Gloucestershire (Reino Unido), que las muchachas que trabajaban en las granjas ordeñando vacas y que habían padecido la viruela vacuna (*cowpox*) nunca enfermaban de viruela humana (*smallpox*).

En 1796, Edward Jenner advirtió que una granjera tenía en sus dedos lesiones frescas de viruela vacuna, una enfermedad del ganado similar a la viruela, que se contagiaba a las personas durante el ordeño. Días después, utilizó el material de estas lesiones para practicar la primera vacunación.

Jenner demostró las ventajas de la vacunación con viruela vacuna respecto a la variolización: la inmunización con viruela vacuna no producía pústulas, no ocasionaba riesgo de muerte, ni era foco de contagio a través de las personas vacunadas.

Esta observación, tan simple y lógica, pero extraordinaria por su transcendencia, impulsó a Jenner a inocular, en 1796, al niño James Phipps con la linfa procedente de la mano de una moza de establo, llamada Sarah Nelmes, que padecía viruela vacuna, comprobando que el niño estaba protegido y que era inmune a la enfermedad humana.

Estos experimentos y conclusiones fueron enviados por Jenner a la Royal Society de Londres, que no los publicó al considerarlos de poco interés.

Louis Pasteur (1822-1895)

Hijo de un curtidor, nació en Dole (Francia) y se doctoró en Física y Química en la Escuela Normal de París.

Allí comenzó sus primeras investigaciones sobre el ácido tartárico y el descubrimiento de que las moléculas que lo forman debían ser intrínsecamente disimétricas, dando nacimiento así a la Estereoquímica.

Una serie de experimentos sobre las fermentaciones lácticas le llevaron a negar cualquier generación espontánea de vida.

El mayor avance desde el invento de la vacuna contra la viruela fueron los estudios de Louis Pasteur sobre la atenuación del cólera de las aves. Según Pasteur, al administrar una forma debilitada del mismo microorganismo que produce la infección, se conseguirían unas defensas más puras que si introducimos un germen productor de otra enfermedad similar a la que se quiere prevenir. Pasteur desarrolló la vacuna contra el cólera de las aves y contra el carbunco aplicando su descubrimiento sobre la atenuación.

En 1881, realizó una demostración pública de vacunación, inoculando bacilos atenuados de ántrax a 24 ovejas, 1 cabra y 4 vacas. Varios días después, todas las ovejas y cabras no vacunadas murieron. Las vacas y las cabras vacunadas permanecieron sanas. Al finalizar su triunfal experimento, escribió que había demostrado que los seres humanos podríamos tener vacunas cultivables en el laboratorio por un método obtenido experimentalmente.

En 1885, Pasteur administró la vacuna de la rabia a Joseph Meister, un niño de nueve años de edad. La vacuna estaba compuesta de agentes debilitados productores de la enfermedad, que el científico obtuvo de la médula espinal de animales infectados de rabia, y que se ensayó con éxito en pruebas de laboratorio con perros, antes de ser aplicada en seres humanos. Este experimento conmocionó a la comunidad científica, que veía con horror la introducción deliberada de un microorganismo mortal en el cuerpo humano.



Dime dónde has ido y te diré de qué te has vacunado

Un paso más: la Organización Mundial de la Salud (OMS) quiere erradicar la poliomielitis

En la lucha contra las enfermedades infecciosas es necesario sumar esfuerzos; ningún país puede mejorar la salud de su población sin reforzar la de sus vecinos. Sobre todo en la actualidad, cuando las modernas formas de vida (sistemas centralizados de distribución de alimentos, elevada y rápida movilidad de personas y animales) facilitan la dispersión de estas enfermedades.

Todavía no existe una vacuna contra la fiebre del Nilo Occidental, y no se invertían medios en su desarrollo mientras la enfermedad se mantenía en el continente africano. Desde que se presentó en EE UU, esa vacuna es objeto de la investigación científica. Es necesario investigar sobre todas las enfermedades que se presentan en cualquier parte del mundo y buscar nuevas formas de combatirlas.

En los últimos años, han surgido nuevas variedades de unas 20 enfermedades humanas que son más mortíferas o resistentes a los fármacos. Por otro lado, se han descubierto otras 30 para las que de momento no existe curación, entre ellas el ébola y el sida.

Cada vez mayor número de personas realiza viajes internacionales. Como consecuencia, los viajeros se exponen a riesgos sanitarios que pueden reducirse adoptando las precauciones adecuadas antes, durante y después del viaje.

Estas medidas potencian el control de las enfermedades infecciosas. Es el caso de la poliomielitis que se espera erradicar antes del 2005.

MÓDULO

- Visitando las distintas zonas geográficas que aparecen en la pantalla, se obtiene información sobre las vacunas necesarias y recomendadas para viajar a cada una de las zonas en condiciones de máxima seguridad.

Ventanas a lo invisible

El avance tecnológico es imprescindible para el desarrollo de la Medicina

Hasta hace poco, se decía que los científicos observaban patrones de comportamiento en el mundo para conseguir comprenderlo, y que los técnicos lo hacían para hacerlo más manipulable. Las ciencias biomédicas son un ejemplo de que la habilidad para hacer algo y la capacidad para estudiarlo son tan interdependientes que ciencia y tecnología apenas pueden separarse.

El desarrollo de la Microbiología (ciencia que estudia los organismos microscópicos) hubiera sido imposible sin el descubrimiento del microscopio óptico, del microscopio electrónico, de las diferentes formas de cultivo (en placas petri, en huevos embrionados, en células de mamíferos, etc.) y de los métodos de esterilización y manipulación de microbios. En la actualidad, también resultan fundamentales las técnicas de ingeniería genética que, por ejemplo, se están aplicando para la creación de microorganismos de *diseño* (productores de hormonas humanas, bacterias digestoras de petróleo, etc.) y para el desarrollo de nuevas vacunas.

La tecnología afecta a la población y la cultura de una forma más directa que la investigación científica, pues diseña desde unas gafas y un termómetro hasta un ordenador o una vacuna sintética.

Trabajando con la ayuda de ordenadores capaces de simular la estructura espacial de complejas moléculas biológicas, los científicos desarrollaron la primera vacuna de *diseño* en 1991. Buscaban una sustancia capaz de provocar la vacunación contra la tosferina.

“Sabíamos que existía un mundo microscópico, pero no lo conocimos hasta que el primer microscopio nos permitió verlo”.



“Sabíamos de la existencia del bacilo de la tuberculosis, pero no lo vimos hasta que el microscopio óptico...”.



“Sabíamos que existía el virus de la viruela, pero no lo vimos hasta que el microscopio electrónico...”.



Microbios

Existen varios tipos de microorganismos que causan enfermedades

24

Hasta el siglo XVII, nadie imaginaba que pudieran existir seres vivos más pequeños que los insectos, y la forma en que se contagiaban las enfermedades era un auténtico misterio. El descubrimiento del microscopio abrió las puertas a un mundo poblado por millones de seres que habían permanecido invisibles al ojo humano. Son las bacterias, los protozoos, los virus, las rickettsias, las chlamydias y algunos hongos.

El primero en utilizar un microscopio fue Anton van Leeuwenhoek, alrededor de 1670; al observar aguas estancadas, descubrió seres minúsculos que denominó “animáculos”, o animales minúsculos. Pero hubo que esperar un siglo más para que mejores aparatos permitieran encontrar organismos más pequeños (bacterias), y hasta los años treinta del siglo XX para poder observar los virus.

En 1860, Pasteur descubrió que algunos de estos seres vivos eran responsables de enfermedades, y los llamó “microbios” (vida diminuta). Esto revolucionó la Medicina, pues permitió que muchos investigadores iniciaran la búsqueda de medios para destruirlos, y, en consecuencia, proteger a las personas frente a ellos. A finales del XIX, impulsada por Robert Koch, la Microbiología estaba estableciendo la correspondencia entre microbios y enfermedad, aislando numerosos microorganismos desconocidos, descubriendo sus medios de transmisión y sentando las bases de los procedimientos de actuación frente a ellos.

Pasteur también inventó la esterilización con vapor y consiguió que los cirujanos desinfectaran los vendajes e instrumentos.

GRIPE

Microorganismo: virus, tipo
ortomyxovirus

Enfermedad: gripe

Vacuna: sí

LEGIONELOSIS

Microorganismo: bacteria
Legionella pneumophila

Enfermedad: enfermedad
del legionario

Vacuna: sí

POLIOMIELITIS

Microorganismo: virus, tipo
poliovirus

Enfermedad: afecta a todo
el cuerpo (músculos y
nervios)

Vacuna: sí

SARS

Síndrome agudo respiratorio severo

Microorganismo: virus, tipo
coronavirus (descubierto en
abril de 2003)

Enfermedad: neumonía;
puede ser mortal

Vacuna: no

MALARIA

Microorganismo: *Plas-*
modium falciparum

Enfermedad: produce
malaria; destruye los gló-
bulos rojos de la sangre

Vacuna: no existe vacuna
eficaz

SIDA

Síndrome de inmunodeficiencia adquirida

Microorganismo: virus VIH,
tipo retrovirus

Enfermedad: destruye el
sistema inmunitario

Vacuna: no

MENINGITIS INFANTIL

Microorganismo: bacteria
Haemophilus influenzae

Enfermedad: meningitis en
menores de cinco años

Vacuna: sí

TUBERCULOSIS

Microorganismo: mico-
bacteria *Mycobacterium*
tuberculosis

Enfermedad: produce
tuberculosis; afecta a pul-
mones y puede ser mortal

Vacuna: sí

VIRUELA

Microorganismo: virus, tipo
poxivirus

Enfermedad: pústulas y
heridas purulentas por todo
el cuerpo

Vacuna: sí

GASTRITIS

Microorganismo: bacteria
Helicobacter pylori

Enfermedad: gastritis y
desórdenes digestivos

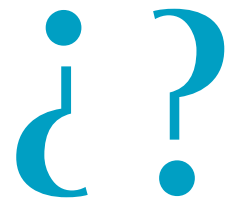
Vacuna: no

TIFUS

Microorganismo: bacteria,
Rickettsia prowazekii

Enfermedad: tifus; fiebres
altas que desencadenan en
neumonía

Vacuna: sí



Lo último en vacunas

Las vacunas salvan millones de vidas cada año

26

¿Eliminaríais el virus de la viruela?

Gracias a la vacunación sistemática de la población, en los países desarrollados, el sarampión dejó de ser un problema de salud desde 1963, cuando se descubrió una vacuna eficaz. Pero en los menos desarrollados, surgen unos 30 millones de casos cada año, produciendo casi un millón de víctimas. El sarampión figura como la primera causa de muerte infantil que la vacunación podría evitar.

En la actualidad, se ha calculado que la mayor parte de las muertes humanas producidas en el mundo por un agente infeccioso están ocasionadas por seis enfermedades: la gripe, el sida, las enfermedades diarreicas (como el cólera), la tuberculosis, la malaria y el sarampión. La solidaridad de los países desarrollados podría prevenir muchas de ellas, ya que existen vacunas eficaces para combatirlas.

Aunque en la lucha contra las enfermedades infecciosas la vacunación es el arma más efectiva y la que posee mejor relación coste-eficacia, parece que actualmente se están dedicando pocos recursos a su investigación. Y está resultando muy difícil desarrollar vacunas contra el sida, la tuberculosis o la malaria.

¿Cuándo aparecen nuevas enfermedades?

Algunas vías de investigación están relacionadas con la administración de vacunas a través de las mucosas, con las vacunas comestibles y con las llamadas vacunas terapéuticas.

Como las mucosas son el medio por el que muchos microbios penetran en el organismo, las vacunas que actúan a este nivel pueden evitar la infección en su primer paso. La manipulación genética de algunas plantas está logrando crear alimentos transgénicos (zanahorias, patatas, tomates, plátanos, etc.) capaces de generar un proceso de vacunación.

¿Son útiles los virus?

Las vacunas terapéuticas tienen por objetivo reeducar al organismo para vencer algunas enfermedades crónicas (como la hepatitis, el sida o el herpes), tumores, alergias y otras.

Homenaje a los niños

En homenaje a los niños de la ciencia, que son todos los niños



27

Varios descubrimientos importantes para la humanidad, sobre todo en el campo de la Medicina, han sido experimentados mediante la participación, muchas veces anónima, de niños de diferentes edades. Tanto en el descubrimiento como en la difusión y el desarrollo de la vacunación, ellos fueron quienes probaron en su cuerpo la eficacia de la nueva técnica. Fueron también niños los que así distribuyeron la vacuna por el mundo.

Desde un punto de vista biológico y psicológico, el organismo de los niños está en proceso de maduración. Por eso poseen una extraordinaria capacidad de supervivencia, de aprendizaje y de adaptación a diferentes situaciones.

Cuando Mary Wortley Montagu conoció cómo los turcos se protegían contra la viruela, aplicó esa técnica por primera vez a sus propios hijos. También Jenner, el padre de la vacunación, probó su descubrimiento con un niño de ocho años, James Phipps. En 1885, Louis Pasteur salvó la vida del niño Joseph Meister.

La vacuna de la viruela llegó y se trasladó por las colonias españolas de ultramar gracias a que decenas de niños fueron inoculados sucesivamente para desarrollar las pústulas necesarias para practicar la vacunación.

En la actualidad, sigue sucediendo algo similar. Los medios de comunicación nos informan, por ejemplo, de cómo novedosas intervenciones quirúrgicas (desde trasplantes de órganos a separación de siameses) y recientes técnicas de terapias genéticas (como contra la fibrosis quística) se prueban en niños por primera vez.

Después de la visita

La exposición en preguntas

28

Utilizando estas palabras, completa los espacios en blanco:

Asia	vacuna	mundo	vacunal	vacunación
Balmis	ayuda	‘María Pita’	noviembre	Filantrópica
cuerpo	vacuna	1803	Expedición	cuerpo
niños	La Coruña	viruela	viaje	condiciones

El 30 de de , la corbeta , de 200 toneladas, zarpó del puerto de Se ponía en marcha la Real de la Vacuna, que fue el primer programa de masiva realizado en el La expedición respondió a las peticiones de procedentes de los territorios españoles de ultramar y llevó la de la hasta América y

Capitaneados por el médico Francisco Javier, un grupo de 22 coruñeses transportaron en su la valiosa vacuna. Se trataba de un largo , y ésta era la única manera de conservar el fluido en buenas

¿Qué rey español promovió la expedición?

Fernando VII ☐

Carlos III ☐

Carlos IV ☐

¿Cuál de los siguientes pintores era el pintor de la corte de los tres reyes anteriores?

Murillo ☐

Velázquez ☐

Goya ☐

El Greco ☐

La Real Expedición Filantrópica de la Vacuna recorrió medio mundo desde Europa, América y hasta Asia, pasando por muchos países. De la siguiente lista, marca los que crees que recibieron la vacuna de manos de nuestros científicos, y si la sabes escribe su capital.



- ☐ Colombia _____
- ☐ Tanzania _____
- ☐ Venezuela _____
- ☐ Chipre _____
- ☐ Filipinas _____
- ☐ Mongolia _____
- ☐ México _____
- ☐ Perú _____
- ☐ España _____
- ☐ Canadá _____
- ☐ Ecuador _____
- ☐ Chile _____

- ☐ Cuba _____
- ☐ Islandia _____
- ☐ Australia _____
- ☐ Haití _____
- ☐ Guatemala _____
- ☐ India _____
- ☐ Bolivia _____
- ☐ Puerto Rico _____
- ☐ Argentina _____
- ☐ Madagascar _____
- ☐ China _____
- ☐ Nueva Zelanda _____

Cada oveja con su pareja.

Mary Wortley Montagu

Edward Jenner

Louis Pasteur

Carlos IV

Martinus Beijerinck

María Pita

Decretó una orden real para la expedición

Descubridor de los virus

Barco en el que viajó la expedición

Descubridor de la vacuna de la viruela

Introdujo la variolización en el Reino Unido en 1921

Descubridor de la vacuna de la rabia

En 1796, Edward Jenner lleva a cabo la primera vacunación con virus de la viruela vacuna, y, en 1803, Francisco Javier Balmis realizó la Real Expedición Filantrópica de la Vacuna. ¿Sabrías decir qué otros acontecimientos ocurrieron durante esa época? Si te atreves, ordénalos de más antiguo a más moderno.

- ☐ Se realiza la primera inseminación artificial en una perra.
- ☐ Cervantes escribe *El ingenioso hidalgo Don Quijote de La Mancha*.
- ☐ Robert Koch descubre el bacilo de la tuberculosis.
- ☐ Hipócrates se dedica a la medicina de orientación científica.
- ☐ William Harvey descubre la circulación sanguínea.
- ☐ Mozart compone *Don Giovanni*.
- ☐ Se realiza el primer trasplante de corazón con éxito.
- ☐ Mary Shelley escribe *Frankenstein*.
- ☐ Primera línea telegráfica.
- ☐ Leonardo da Vinci pinta la *Mona Lisa*.
- ☐ Se descubren los rayos infrarrojos en el espectro solar.

Jenner y Pasteur fueron los padres de las vacunas, pero muchos otros científicos han sido responsables de distintos descubrimientos. Busca los siguientes científicos en “Perfiles de la Ciencia” y escribe las frases que más te llamen la atención. Por último, marca los que creas que vivieron en la época de la expedición.

- | | |
|---|--|
| ☐ Santiago Ramón y Cajal | ☐ Nicolás Copérnico |
| ☐ Isaac Newton | ☐ Antoine Laurent Lavoisier |
| ☐ Marie Curie | ☐ Konrad Lorenz |
| ☐ Charles Darwin | ☐ William Harvey |
| ☐ Leonardo da Vinci | ☐ Claudio Galeno |
| ☐ Albert Einstein | ☐ Michael Faraday |

Virus y Bacterias. Enfermedades e infecciones.

Une con flechas cada enfermedad con el ser vivo que la produce.

MALARIA

TUBERCULOSIS

VIRUELA

LEGIONELOSIS

BACTERIA

MICOBACTERIA

VIRUS

PROTOZOO

- Los y las son seres microscópicos muy pequeños capaces de producir infecciosas.

- Los son tan pequeños, que pueden ser hasta mil veces menores que una humana.

Relaciona las diferentes enfermedades infecciosas con las diferentes formas de transmisión:

Sarampión

Herpes

Viruela

Gripe

Sida

Secreciones orales y nasales

Transmisión sexual

A través del estornudo

Transmisión de la madre al feto

Contacto directo con la piel

¿Qué células son las encargadas de defender el organismo contra los agentes infecciosos?

☐ Eritrocitos

☐ Leucocitos

☐ Linfocitos B y T

☐ Monocitos

El sistema inmunitario lucha contra los agentes infecciosos combatiendo las enfermedades. Si *entrenamos* nuestras defensas y les enseñamos la mejor manera de combatir cada enfermedad, cuando aparece la infección, el cuerpo sabe cómo defenderse y controla rápidamente el virus o la bacteria; no enfermamos. Así es precisamente cómo funcionan las vacunas.

Sobre las vacunas y la viruela, ¿es verdad que...?

- La viruela humana se trataba con leche de vaca. **SÍ** ☐ **NO** ☐
- El líquido purulento de las heridas de la viruela de las vacas protegía contra la viruela humana. **SÍ** ☐ **NO** ☐
- La vacuna de la viruela estaba compuesta de células de vaca. **SÍ** ☐ **NO** ☐
- El virus de la viruela vacuna entrena al cuerpo humano a defenderse contra el virus de la viruela humana. **SÍ** ☐ **NO** ☐
- De las manos de una ordeñadora salió la primera vacuna. **SÍ** ☐ **NO** ☐

Con vacuna o sin vacuna.

	SÍ	NO
Gripe		
Legionelosis		
Poliomielitis		
SARS		
Tuberculosis		
Gastritis		

	SÍ	NO
Malaria		
Sida		
Tifus		
Meningitis infantil		
Viruela		

Héroes o villanos

Los microbios nos hacen pensar en peligro de enfermedad, pero multitud de microorganismos participan en procesos beneficiosos para el hombre y para la vida misma. Los microbios son los habitantes más numerosos de la Tierra y unos *microtrabajadores* muy especializados, que han ido evolucionando desde hace más de 3.500 millones de años.

Sin ellos desaparecerían las enfermedades (tuberculosis, difteria, tétanos...), pero también otras muchas cosas, como los estudios de muchos científicos, la producción de gran cantidad de alimentos (quesos, yogur, vino, cerveza, pan...), no se podrían digerir los alimentos, el agua se contaminaría y los animales y plantas muertos no se podrían descomponer en componentes más sencillos, con lo que los vegetales no volverían a crecer y posiblemente proliferarían los insectos, que reinarían en el planeta.

LAS BACTERIAS DEL YOGUR

La fabricación de productos lácteos (mantequilla, queso, yogur, etc.) requiere del uso de microorganismos: las llamadas bacterias del ácido láctico. Muchas de estas bacterias se encuentran normalmente en la leche, y son causantes de su agriamiento espontáneo.

Estas bacterias, con la fermentación, transforman los azúcares (lactosa) en ácido láctico, acidificando y coagulando la leche. Industrialmente, esto se consigue añadiendo a la leche una cantidad determinada de dos tipos de bacterias.



● OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO ÓPTICO DE LAS BACTERIAS DEL YOGUR

En esta experiencia, se pueden observar las bacterias que se utilizan en la fabricación del yogur:

- *Lactobacillus bulgaricus* (forma alargada, muy acidificante y conservante)
- *Streptococcus thermophilus* (forma redonda, poco acidificante y muy aromático)

MATERIALES

- Microscopio
- Mechero de alcohol
- Portaobjetos
- Cubierta y soporte de tinciones
- Aguja enmangada
- Colorante (azul de metileno al 1%)
- Aceite de inmersión
- Bastoncillos de oídos
- Frasco lavador
- Cuentagotas
- Pinzas
- Metanol
- Papel de filtro
- Muestra natural (yogur y placa bucal)

EXPERIENCIA

1. Coloca una gota de agua en un portaobjetos, disuelve un poco de yogur y remuévelo.
2. Para fijar las bacterias al portaobjetos, pasa tres veces el portaobjetos por la llama del mechero durante unos segundos, dejando enfriar el porta entre cada pasada para no quemar la muestra.
3. Añade unas gotas de metanol sobre la extensión seca y espera a que se evapore completamente.
4. Tiñe con el colorante para aumentar el contraste, déjalo actuar uno o dos minutos y luego elimina el exceso con agua, dejándola resbalar de la parte superior del porta.
5. Observa la preparación al microscopio óptico, llegando hasta el máximo aumento, aplicando el aceite de inmersión, donde se encuentra el punto de luz.

LAS BACTERIAS DE LA CAVIDAD BUCAL

Una vez descubiertos y estudiados, se sabe que a los microbios les encanta pegarse en el pelo, esconderse debajo de las uñas y en los pliegues de la piel. Como vivienda, les gusta mucho las manos, los intestinos, la nariz y, cómo no, la boca su lugar ideal-, ya que tienen alimento constante y las condiciones de temperatura y humedad preferidas.

En la cavidad bucal, existen muchísimas bacterias (más de 500 especies), pero al contrario de lo que se piensa, no todas provocan una lesión de caries, dado que sólo un grupo complejo es el causante del inicio y progresión de este problema bucal. Estas bacterias aprovechan los azúcares presentes en la placa bucal para producir los ácidos que dañan el esmalte del diente.

La placa dental (sarro) es un depósito sólido que se pega sobre el esmalte de los dientes. Está formado por restos de proteínas, sales minerales y bacterias. La población de bacterias que se encuentre variará mucho en el momento de hacer la preparación, ya que influirá, sobre todo, el estado emocional y la cantidad de saliva (que variará según la alimentación).



● OBSERVACIÓN DE LAS BACTERIAS DE LA CAVIDAD BUCAL

MATERIALES

Los mismos utilizados en la experiencia anterior con el yogur menos el metanol.

EXPERIENCIA

- Seguir todos los pasos de la experiencia anterior, menos el paso 3 (no utilizar metanol).

Microscopio

36

Microscopio óptico

El microscopio normal, u óptico, está formado por dos lentes. El objeto que se quiere estudiar se coloca en la platina. La luz procedente del objeto penetra en el microscopio por el objetivo, que desempeña la función de una lupa; es decir, produce una imagen muy ampliada del objeto. Esta imagen se modifica mediante otro sistema de lentes: el ocular. El aumento final conseguido es igual al producto de los aumentos del objetivo por los del ocular. En el microscopio óptico, este aumento tiene un límite, que se denomina "poder de resolución", y que es aproximadamente de 1.200 aumentos.



Microscopio electrónico



Estos microscopios son grandes y complejos. Utilizan electrones en vez de luz y aumentan los objetos hasta 250.000 veces.

Las imágenes que se producen son en blanco y negro, y muchas veces tienen colores falsos.