



BIOLOGÍA EN AGRONOMÍA

Volumen 1, No. 2

Octubre de 2011
ISSN 1853-5216

BREVE HISTORIA DE LA MICROBIOLOGÍA

María Gabriela Di Barbaro

Cátedra de Microbiología Agrícola. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Catamarca. Maestro Quiroga y Avda. Belgrano. San Fernando del Valle de Catamarca. E-mail: gabydibarbaro@yahoo.com.ar

Recibido: 18/02/2011

Aceptado: 28/07/2011

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la presente monografía es indagar sobre aquellos acontecimientos que hacen a la historia de la microbiología. Para lo cual es necesario dar una pequeña definición. Etimológicamente, la Microbiología (del griego *micros*, pequeños; *bios*, vida y *logos*, tratado) puede ser definida como la ciencia que trata de los organismos más pequeños, de aquellos cuyo tamaño se encuentra por debajo del poder resolutivo del ojo humano.

La microbiología al igual que otras ciencias se originó de la curiosidad y del deseo de saber. Fue necesario que se inventara el microscopio para poder descubrir los microorganismos, poniendo en evidencia que el origen de la microbiología es un claro ejemplo de la importancia que puede llegar a tener un **instrumento**. En este caso su importancia radica no sólo por generar una nueva rama del conocimiento sino por poner en discusión una serie de controversias y especulaciones; como así también por las infinitas consecuencias que derivó su uso, a tal punto que modificaron la vida del hombre y su visión de la naturaleza.

Otro punto digno de destacar es el rol fundamental que ejerció la **técnica** para el avance de una ciencia. El desarrollo de la microbiología dependió también del papel que ejercieron distintas estrategias experimentales y de una metodología especial,

como la esterilización, las técnicas asépticas, los medios de cultivos puros, las coloraciones y técnicas microscópicas, entre otras. Estas permitieron resolver una serie de polémicas; tales como la de la generación espontánea, la fermentación etc. Es sorprendente que en esta disciplina se mantengan vigentes muchas técnicas, elementos y metodologías que usaron en su momento los pioneros de esta disciplina.

El fundamental aporte de la microbiología a la investigación básica son las innumerables derivaciones y su expansión a múltiples campos de la actividad humana.

DESARROLLO HISTÓRICO DE LA MICROBIOLOGÍA

La Microbiología como ciencia especializada surge recién a finales del siglo XIX. Se pueden distinguir cuatro etapas o períodos en el desarrollo de la microbiología:

Período previo al descubrimiento del microscopio: este primer período se extiende desde la antigüedad hasta llegar a los primeros microscopistas. Se caracterizó por ser meramente especulativo.

Período de los primeros microscopistas: se inicia con el descubrimiento de los microorganismos por Leeuwenhoek en el año 1675 y se extiende aproximadamente hasta mediados del siglo XIX. Este segundo período se distinguió por la acumulación de observaciones.

Período de los avances técnicos: el tercer período llega hasta finales del siglo XIX, donde el desarrollo de técnicas para el cultivo de microorganismos logró elevar la Microbiología a Ciencia Experimental bien asentada. Las figuras trascendentes de esta etapa fueron Pasteur y Koch.

Período de auge de la microbiología general y surgimiento de disciplinas microbiológicas especializadas: este cuarto período se extiende desde principios del siglo XX hasta nuestros días. Se caracteriza por el estudio de los microorganismos en toda su complejidad fisiológica, bioquímica, genética, ecológica, etc., produciendo un extraordinario crecimiento de la microbiología general; como así también el nacimiento de diferentes ramas de la microbiología tales como la bacteriología, la virología, la inmunología, la microbiología médica, la microbiología agrícola, entre otras más.

PERÍODO PREVIO AL DESCUBRIMIENTO DEL MICROSCOPIO

El descubrimiento de los microorganismos recién se produjo en el último tercio del siglo XVII, pero desde la antigüedad son muy conocidas sus actividades por la humanidad, tanto las manifestaciones benéficas, representadas por las

fermentaciones implicadas en la producción de bebidas alcohólicas, en el pan y los productos lácteos, como las perjudiciales como las enfermedades infecciosas.

Con el objeto de explicar la difusión de diversas enfermedades de un individuo a otro, algunos pensadores de la antigüedad, supusieron la existencia de agentes invisibles capaces de transmitir la infección. Lucrecio en el 96-55 a.C., Roger Bacon en el siglo XIII, más tarde Girolamo Francastorius de Verona (1483-1553), sostuvieron la tesis de que las enfermedades se producían por “gérmenes vivos” que pasan de diversas maneras de un individuo a otro; pero especialmente Lucrecio en su poema *De rerum natura*, reconoció intuitivamente no sólo la naturaleza atómica de las sustancias, sino también la existencia de “semillas” de las enfermedades.

Estos visionarios no presentaron pruebas, pero por lógica que fuese esta inferencia, la existencia de organismos “invisibles” vivientes no quedó establecida y no fue generalmente admitida hasta que éstos fueron vistos con un microscopio.

PERÍODO DE LOS PRIMEROS MICROSCOPISTAS

Aunque durante mucho tiempo se sospechó la existencia de criaturas demasiado pequeñas para ser percibidas a simple vista, su descubrimiento estuvo relacionado con la invención del microscopio. El uso del microscopio se extendió durante el siglo XVII entre algunos naturalistas europeos, los denominados microscopistas, que realizaron el descubrimiento de numerosas criaturas vivientes minúsculas y detalles anatómicos desconocidos hasta entonces.

El descubrimiento de los microorganismos fue obra de Antonie van Leeuwenhoek alrededor del año 1675, quien era un aficionado a pulir lentes y fabricar microscopios simples. Eran tiempos en que la ciencia se hallaba en manos de aficionados con talento y este comerciante holandés se caracterizó por su aislamiento del mundo de la cultura y su falta de formación científica sistemática. Probablemente no fue el primero que vio bacterias y protozoos, pero fue el primero que expuso sus observaciones con descripciones y dibujos exactos.

Durante varias décadas Leeuwenhoek describió sus observaciones, las cuales fueron comunicadas a la Royal Society de Londres a través de una serie de más de 200 cartas, que las publicó en versión inglesa en las “Philosophical Transactions” *.

* Las cartas de Leeuwenhoek tenían un estilo coloquial muy atractivo que había caído en desuso en las comunicaciones científicas. Por ejemplo, al informar sus observaciones de una muela careada, en las que pone de manifiesto que la movilidad era entonces el único criterio de

que se disponía para considerar viviente un objeto microscópico: *“Extirpé esta materia de los huecos de las raíces, la mezclé con agua clara de lluvia y la coloqué frente a la lupa para ver si en ellas había tantas criaturas vivientes como anteriormente había descubierto en tal sustancia. Debo confesar que la totalidad del material me pareció viva. Pero a pesar del número de estos animáculos era tan extraordinariamente grande (aunque era también tan pequeños que se necesitarían mil millones de ellos para alcanzar el tamaño de un grano de arena grueso, y aunque varios millares estaban nadando en una cantidad de agua no mayor de los que es un grano grueso de arena), incluso su número parecía mayor de lo que realmente era, puesto que los animáculos con sus intensos movimientos ponían en una agitación semejante a pequeñas partículas que no tenían vida propia, de forma que muchas personas hubieran podido tomar también estas partículas por criaturas vivas”*. El 9 de octubre de 1676 describía: *“En el año 1675 descubrí seres vivos en el agua de lluvia que había permanecido solo unos pocos días en una vasija de barro vidriada por dentro; esto me indujo a observar el agua con gran atención, especialmente aquellos pequeños animales que me parecieron diez mil veces menores que los... que podían percibirse en el agua sin el auxilio de lentes”*.

Descubrió una increíble variedad de estructuras no observadas hasta entonces, entre ellas los principales tipos morfológicos de bacterias (cocos, bacilos y espirilos), a microbios de mayor tamaño (protozoos, algas y levaduras). Sus magníficas dotes de observador lo llevaron a descubrir y a describir: la estructura estriada de los músculos, la circulación capilar, los espermatozoides y los glóbulos rojos, así como detallar diversos aspectos estructurales de las semillas y embriones de plantas. También descubrió que bacterias tratadas con vinagre o calentadas a temperaturas bastantes altas morían inmediatamente. Su invento y sus observaciones propiciaron un gran avance científico. Simultáneamente el inglés Robert Hooke (1635-1703) usando microscopios compuestos, describió hongos filamentosos, y descubrió la estructura celular de las plantas. Por lo que se lo considera el padre de la teoría celular, porque vio y describió las células de una fina lámina de corcho en su obra *Micrographía*, en el año 1665, y viendo lo que en realidad son las paredes vacías de las células muertas que constituyen aquel tejido, propuso el nombre de célula (celda pequeña), acuñando el término **“célula”**. El italiano Malpighi (1628-1694) y el holandés J. Swammerdam (1637-1723) también se destacaron por sus trabajos con el microscopio.

PERÍODO DE LOS AVANCES TÉCNICOS

La vida científica de este período pone de relieve el esfuerzo que hizo para establecer la base de la teoría sobre el origen de los microorganismos y el esfuerzo

enorme para llegar a la resolución de problemas que fuesen de utilidad para el desarrollo confortable de la vida del hombre.

- EL PROBLEMA DE LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA

Con el descubrimiento de los microorganismos se avivó el interés por el origen de los seres vivos y surgieron grandes controversias y especulaciones.

La microbiología como ciencia experimental evolucionó muy lentamente, para ello fue necesario el desarrollo de una **metodología especial**. La clave de su evolución fue el uso de materiales estériles y de técnicas asépticas. El desarrollo de métodos seguros para evitar las contaminaciones fue sensiblemente estimulado por las ansias de hallar solución a una controversia intensa y prolongada tales como **la generación espontánea de la vida**, que surgió en torno a algunas interpretaciones de tipo religioso realizadas por la autoridad moral representada por la Biblia, y de tipo lógico hechas por autoridades intelectuales (Aristóteles, Galeno, Plinio y Lucrecio).

Los pensamientos que cobraron mayor trascendencia fueron:

En cuanto a las formas superiores, la interpretación griega de que la Diosa Gea podía crear hombres de las piedras y otras cosas inanimadas (la cual fue desechada totalmente).

Aristóteles había pensado que los animales podían originarse espontáneamente en el suelo, de las plantas y de otros animales diferentes, (esta idea tuvo gran influencia hasta el siglo XVII).

En el año 40 a. de C., Virgilio (70-19 a. de C.) daba indicaciones para la propagación artificial de las abejas. Otro de los tantos ejemplos, de naturaleza similar, que persistió hasta el siglo XVII, era el de aceptar como un hecho cierto, que las larvas de mosca podían producirse exponiendo la carne al calor moderado y al aire.

Hasta los últimos siglos se creyó que los organismos vivos podían generarse espontáneamente al descomponerse sustancias orgánicas. Esta doctrina de la "generación espontánea" o abiogénesis fue descartada por los experimentos de Francesco Redi (1621-1697) para los organismos visibles durante el siglo XVII, cuando demostró que las larvas no aparecían en las carnes descompuestas, siempre y cuando estas fueran protegidas de la deposición de huevos de moscas. Los descubrimientos de Redi pudieron desacreditar la teoría de la generación espontánea para los animales y plantas, pero esta idea de la generación espontánea persistió para el mundo de los microorganismos, porque los microbios eran considerados una cosa distinta, sosteniendo: "¡seres tan diminutos no necesitaban padres seguramente!".

Aparecieron defensores y detractores de la teoría preformacionista que postulaba que los seres vivos podían originarse espontáneamente. En 1749, J.T. Needham (1713-1781) puso carne en contacto con cenizas calientes, y observó la aparición de microorganismos que no se encontraban antes de la experiencia, deduciendo de ello que los microbios se habían originado de la carne. Lázaro Spallanzani (1729-1799) hirvió caldo de carne durante una hora y a continuación cerró herméticamente las vasijas. No aparecieron microbios, sólo volvían a aparecer si se practicaban agujeros al recipiente. Este experimento originó una gran disputa con Needham. A pesar que los resultados fueron confirmados en repetidos experimentos, no consiguieron convencer a Needham; quien argumentaba que el calor había destruido la “fuerza vegetativa” de las infusiones y había cambiado la “cualidad” del aire dentro de los frascos y que para que se produzca la generación espontánea de los microbios era esencial el aire, y que éste había quedado fuera de los frascos.

Tuvieron que pasar más de sesenta años para que dos investigadores (Schulze y Schwann) pudiesen refutar las réplicas de Needham.

Franz Schulze (1815-1873) hacía pasar el aire a infusiones hervidas después de hacerlo atravesar soluciones fuertemente ácidas, mientras que Theodor Schwann (1810-1882) introducía el aire en los frascos a través de tubos calentados al rojo. En ninguno de los casos aparecían microbios. Pero los defensores de la generación espontánea afirmaban que el calor y el ácido alteraban el aire, haciéndole incapaz para sustentar el crecimiento.

En 1850 Schroeder y Dusch llevaron a cabo un experimento más convincente, haciendo pasar el aire a través de un filtro de algodón antes de penetrar en los frascos que contenían el caldo hervido. Los microorganismos quedaban retenidos en las fibras del algodón y no se presentaba desarrollo microbiano en los caldos. Con ello iniciaron una **nueva técnica**, la cual es muy usada en la actualidad: **la de obturar los tubos y frascos de los cultivos bacterianos con tapones de algodón** (se emplea aún para excluir de los medios de cultivo las sustancias contaminantes que hay en el polvo atmosférico). En 1859, Pouchet en una extensa comunicación pretendió “resucitar y probar” la hipótesis de la generación espontánea.

Pero fue Louis Pasteur (1822-1895) el que llevó a cabo experiencias que dieron fin a la controversia de la generación espontánea para siempre. Demostró la presencia de microorganismos en el medio ambiente absorbiendo aire sobre algodón pólvora, disolviendo este en alcohol y éter y visualizando al microscopio. También preparó matraces cuya boca se prolongaba en tubo abierto, largo y estrecho, encorvado en

forma de cuello de cisne. Hirvió soluciones nutritivas en estos matraces, en los que el aire (sin tratar y sin filtrar) podía entrar y salir libremente. Los microorganismos del aire y las partículas de polvo sedimentaban (o bien eran atrapados por la humedad de la condensación) y quedaban adheridos al pasar a las curvaturas del cuello y no aparecían en la solución, que permanecía inalterada quedando ésta estéril indefinidamente. Sólo si se rompía el cuello o si se inclinaba el frasco de modo que pasara parte del líquido a la porción del cuello, los microbios podían contaminar la infusión y originar un rápido crecimiento. Fue favorecido por la suerte al no poseer su cultivo de coles formas esporuladas, pero bien escribió el mismo Pasteur: "*la suerte sólo favorece a las mentes preparadas*". Pasteur demostró también que la atmósfera de un sótano o de la cima de una montaña, que se hallaba relativamente libres de polvo, podían abrirse los frascos y volverse a cerrar, con gran posibilidad de que no se produjera contaminación alguna.

Eliminar todas las bacterias o microorganismos de un objeto es un proceso que ahora denominamos **esterilización**, y los procedimientos que usaron Pasteur y otros investigadores fueron eventualmente mejorados y aplicados a la investigación microbiológica. Pasteur encontró la relación causal entre microorganismos y medios de cultivo de laboratorio. Finalmente, John Tyndall (1820-1893), valiéndose de una cámara proyectada especialmente, efectuó experimentos para demostrar que el polvo transporta los microorganismos. Si no existe polvo, el caldo esterilizado permanece libre de crecimiento microbiano por tiempo indefinido.

Pasteur comunicó sus resultados a la Académie des Sciences de París, en 1860 ("*Expériences relatives aux générations dites spontanées*") y en informes posteriores a la Sorbona de París *.

Por su habilidad experimental, rigurosidad y genio intuitivo, Pasteur se convirtió en el siglo XIX, según palabras de Dubos, "*no solamente en el brazo, sino también en la voz y finalmente el símbolo de la ciencia triunfante*".

* Pasteur dio cuenta de sus resultados a la Sorbona de París el 7 de abril de 1864, con gran jactancia. Sus matraces no presentaban señales de vida, dijo: "*porque los he preservado, y los sigo preservando, de la única cosa que está por encima del poder del hombre, crear; los he preservado de los gérmenes que flotan en el aire, los a preservado de la vida*". En su arrogancia, Pasteur lanzó algunos dardos a aquellos con quienes disentía: "*No se conoce hoy ningún caso en el que podáis afirmar que los seres microscópicos vienen al mundo sin gérmenes, sin padres semejantes a ellos. Quienes sostienen esto han sido juego de ilusiones,*

de experimentos defectuosos, viciados con errores que no han sido capaces de advertir y que no han sabido evitar”.

- EL PROBLEMA DE LAS ESPORAS

Aunque Pasteur tuvo suerte de trabajar con sustancias que se esterilizaban por simple ebullición, algunos investigadores encontraron circunstancias en las que la ebullición era insuficiente. A pesar del éxito de sus experiencias y sus acusaciones de incompetencia técnica, Pasteur no pudo explicar realmente por qué las infusiones que hervían sus oponentes no lograban mantenerse estériles. La diferencia sustancial residía en el uso de infusiones de heno por parte de ellos. Ahora sabemos que este fracaso era debido a la presencia en algunos materiales de bacterias que forman estructuras termoresistentes llamadas **endosporas**.

El trabajo inicial sobre las endosporas se debe a dos hombres: John Tyndall en Inglaterra y Ferdinand Cohn en Alemania. Ambos observaron que algunas preparaciones, como los jugos de frutas usados por Pasteur eran fáciles de esterilizar en tan solo cinco minutos de ebullición, mientras que otras no se esterilizaban ni aun usando períodos de calentamiento más largos, a veces de varias horas.

Los experimentos decisivos fueron realizados por John Tyndall en el año 1877. Después de llevar una bala de heno a su laboratorio, Tyndall ya no pudo conseguir la esterilidad en la misma habitación, ni mediante la ebullición por varias horas de las soluciones azúcares y demostró que el heno había contaminado su laboratorio con una especie increíble de organismo vivo “uno que podía sobrevivir la ebullición”. Aplicó su sistema de esterilización por calentamiento discontinuo (actualmente conocido como tyndalización), que evidenció la existencia de formas microbianas de reposo muy resistentes al calor, lo cual fue confirmado más tarde por Ferdinand Cohn al descubrir las esporas bacterianas.

En el mismo año (1877), Cohn efectuó detalladas observaciones microscópicas y descubrió la existencia de formas resistentes pequeñas e indicó que estos organismos constituían etapas del ciclo de vida del bacilo del heno (*Bacillus subtilis*) como las **endosporas**.

- EL PROBLEMA DE LAS FERMENTACIONES

Otro factor que contribuyó al nacimiento de la ciencia microbiológica fue el establecimiento de la relación que une ciertas transformaciones químicas que se dan en las infusiones con el crecimiento de los microorganismos en ellas existentes.

Las fermentaciones aplicadas a fines prácticos poseen una larga historia de logros, sin que estos se fundamenten en ninguna base teórica. Existen antecedentes que desde la antigüedad se realizaban fermentaciones del pan y del vino, y de fermentaciones para conservar alimentos mediante la acumulación de ácido láctico (Ej. Leche ácida, queso, ensilaje).

En 1830, Schwann, Cagniard-Latour y Kützing; **mediante el desarrollo de microscopios de gran aumento**, concluyeron independientemente que el sedimento de partículas microscópicas acumuladas en las fermentaciones alcohólicas, consistían en minúsculos vegetales en crecimiento, cuyas actividades metabólicas eran responsables de la fermentación.

No obstante, los principales químicos de aquellos tiempos consideraban que la fermentación era un proceso químico debido a la inestabilidad automantenida del mosto, que se iniciaba mediante su exposición al aire. El sedimento amorfo sería, por tanto, un subproducto derivado de la fermentación, análogo a los precipitados cristalinos de ácido tartárico. El famoso Liebig, padre de la bioquímica, defendió este punto de vista, y las excelentes pruebas de Schwann sobre la naturaleza de la fermentación fueron desechadas durante dos décadas. La autoridad de Liebig fue eventualmente refutada por Pasteur.

Pasteur mostró en 1857, que había diferentes microorganismos asociados a distintos tipos de fermentación: esferas de tamaños variables en la fermentación alcohólica y pequeños bastoncitos en la láctica. Otro de los valiosos aportes que realizó Pasteur a esta ciencia fue gracias a su gran capacidad de observación e ingenio. Al observar, en una fermentación butírica, que las bacterias de la periferia de la gota quedan inmóviles mientras que las del centro eran móviles, insufló aire al centro y observó que se inmovilizaban. Pasteur descubrió la presencia de microorganismos que se desarrollaban en ausencia de oxígeno, lo cual desmentía la creencia que todas las formas de vida necesitaban aire para crecer. Infirió la **anaerobiosis** ya que la presencia del aire inhibía a las bacterias. Con esto Pasteur acuñó dos términos: **aerobiosis** y **anaerobiosis** para denominar respectivamente, a la vida en presencia y ausencia de oxígeno.

Puesto que la naturaleza de una fermentación específica depende del microorganismo responsable. Pasteur demostró que organismos perjudiciales podían multiplicarse en el seno de una sustancia en fermentación para conferirle un sabor desagradable. De aquí dedujo que determinados microbios desempeñan cierto papel en las “enfermedades” del vino y la cerveza, así como en las distintas fermentaciones

normales. Este hallazgo condujo a Pasteur a la fructífera sugerencia de que algunos microbios tal vez causaban asimismo distintas enfermedades en el hombre.

Pasteur que trabaja tanto en problemas teóricos como prácticos, tenía como objetivo desarrollar una metodología que permita prevenir la descomposición, por los microbios contaminantes, del vino y de la cerveza. Los primeros estudios de Pasteur sobre el calor como agente conservante fueron realizados en el vino. Pasteur había crecido en uno de los mejores distritos vinícolas de Francia y, como conocedor de esta bebida, se preocupó mucho al pensar que el calentamiento podría alterar su aroma y su sabor. Por ello, procedió con gran precaución y finalmente se convenció a sí mismo de que el calentamiento a 55°C no alteraría apreciablemente el bouquet del vino.

Estas consideraciones condujeron a un proceso de esterilización parcial, que se conoce en todo el mundo como “**pasteurización**” y que resultó ser aplicable al vino, a la cerveza, a la sidra, al vinagre, a la leche y a otras innumerables bebidas perecederas, alimentos y productos orgánicos. Esta técnica se utilizó muchos años más tarde para prevenir enfermedades humanas de origen lácteo.

El desarrollo del proceso de pasteurización ha sido bellamente descrito por René Dubois en su libro sobre la vida de Pasteur; *“la demostración de que los microbios no se generan espontáneamente alentó el desarrollo de técnicas para destruirlos y evitar y reducir al mínimo una posterior contaminación. Inmediatamente, estos avances acarrearón profundos cambios tecnológicos en la preparación y conservación de los productos alimenticios y también de otros procesos industriales.*

Pronto se descubrió que la introducción de microorganismos en productos biológicos puede minimizarse mediante un inteligente y riguroso control de las operaciones tecnológicas, pero no puede evitarse por completo. El problema, por tanto, estaba en inhibir el posterior desarrollo de estos organismos después de haber sido introducidos en el producto. Con este fin, Pasteur intentó en primer lugar añadir una variedad de antisépticos, pero los resultados fueron mediocres y, después de muchas dudas consideró la posibilidad de utilizar el calor como agente esterilizante.

- EL PROBLEMA DE LOS AGENTES INFECCIOSOS.

Los antiguos hebreos creían que las epidemias eran castigos enviados por Dios sobre los pueblos, el código de Moisés contenía numerosas reglas de salud pública, tales como el aislamiento de los leprosos, la separación de los materiales sucios y la prohibición de comer mariscos y carne de cerdo. Observadores de talento, como Lucrecio y Boccaccio, reconocieron posteriormente la naturaleza contagiosa de ciertas

enfermedades epidémicas. Fueron muchas las teorías y los pensadores que desfilaron a lo largo de la historia, tratando de determinar la causa de las epidemias, no cabe duda que este era el gran **problema** sin solución, hasta mediados del siglo XIX.

Las enfermedades infecciosas han constituido la carga más pesada de la Humanidad, no solamente eran la causa principal de muerte, sino que estas muertes eran a menudo especialmente dolorosas. Además, por su naturaleza epidémica, las infecciones han desmantelado y aterrorizado a las poblaciones. Evidentemente, el control sobre las infecciones y sobre la contaminación microbiana del medio ambiente ha sido el gran logro de la ciencia médica. Actualmente es fácil tomar estos adelantos por naturales, pero en épocas pasadas se tuvo a Pasteur y a Koch por héroes nacionales.

Los primeros microbios patógenos reconocidos fueron los hongos, cuyo tamaño era mayor al de las bacterias. En 1836, Agostino Bassi demostró experimentalmente que un hongo era la causa de una enfermedad de los gusanos de seda y Schönlein descubrió, tres años más tarde, la asociación de un hongo con una enfermedad cutánea humana (tiña favosa).

Hacia mediados del siglo XIX una enfermedad infecciosa (pebrina) comenzó a diseminarse por los criaderos de gusano de seda de toda Europa, alcanzando finalmente a China y Japón. A instancias de su maestro Jean Baptiste Dumas, Pasteur aceptó el reto de viajar a la Provenza para investigar esta enfermedad que estaba dejando a la ruina a los industriales sederos, a pesar de que nunca hasta entonces se había enfrentado con un problema de patología. Pasteur vio aquí la oportunidad de confirmar si sus estudios previos sobre las fermentaciones podían tener una extensión hacia los procesos fisiológicos del hombre y de los animales. En 1869, identificó al protozoo (*Nosema bombycis*) como el responsable de la epidemia, y por medio de una serie de medidas de control, ésta enfermedad comienza a disminuir en forma espectacular.

La intervención de bacterias como agentes específicos en la producción de enfermedades fue descubierta a raíz de una serie de investigaciones sobre el carbunco o ántrax, enfermedad que afecta al ganado y que puede transmitirse al hombre. Davaine, entre 1863 y 1868, encontró que en la sangre de vacas afectadas aparecían grandes cantidades de microorganismos a los que llamó "*bacteridios*", además, logró inducir la enfermedad experimentalmente en vacas sanas, inoculándoles sangre infectada. En 1872 el médico alemán Eberth consiguió aislar los bacilos filtrando sangre de animales carbuncosos.

Pero fue Koch, que había sido alumno de Henle, el que logró realizar el primer aislamiento y propagación *in vitro* del bacilo del ántrax (*Bacillus anthracis*). Koch y sus colaboradores demostraron que la enfermedad se podía transmitir sucesivamente a ratones sanos inoculándoles bacilos en cultivo puro, obtenidos tras varias transferencias en medios líquidos.

La estrategia para demostrar el origen bacteriano de una enfermedad fue perfeccionada en 1882, y la publicación "*Die Äthiologie der Tuberkulose*", se comunica por primera vez la aplicación de los criterios que Henle había postulado en 1840. Estos criterios, se conocen en la actualidad como los **Postulados de Koch**, y son los siguientes:

1. *El microorganismo debe estar presente en todos los individuos enfermos.*
2. *El microorganismo debe poder aislarse del hospedador, crecer en cultivo puro y deben poder ser estudiadas sus características.*
3. *La inoculación del microorganismo crecido en cultivo puro a individuos sanos debe provocar la aparición de síntomas específicos de la enfermedad.*
4. *El microorganismo debe poder ser reaislado del hospedador infectado en forma experimental.*

Estos criterios han sido muy valiosos para la identificación de los **agentes infecciosos**. Koch demostró el principio de especificidad biológica del agente infeccioso: "**cada enfermedad infecciosa específica está causada por un tipo de bacteria diferente**".

Usando los postulados de Koch como guía, otros investigadores revelaron posteriormente la causa de muchas enfermedades importantes del hombre y los animales. Estos descubrimientos, a su vez, condujeron al establecimiento de tratamientos adecuados para la prevención y cura de muchas enfermedades infecciosas, ampliándose así las bases científicas de la medicina clínica. Los trabajos de Koch abrieron el campo de la Microbiología Médica, y la demostración de que los microorganismos podían causar enfermedades proporcionó un gran impulso al desarrollo de la ciencia de la microbiología.

Durante las dos décadas siguientes la Microbiología experimentó una auténtica edad de oro, en la que se aislaron y caracterizaron muchas bacterias patógenas. La Alemania del Reich, que se había convertido en una potencia política y militar, se decidió a apoyar la continuidad de los trabajos del equipo de Koch, dada su enorme

importancia social y económica, creando un Instituto de investigación, siendo Koch su director en el Departamento de salud.

De esta forma en la Escuela Alemana se aislaron los agentes productores del cólera asiático (Koch, 1883), de la difteria (Loeffer, 1884), del tétanos (Nicolai, 1885 y Kitasato, 1889), de la neumonía (Fraenkel, 1886), de la meningitis (Weichselbaun, 1887), de la peste (Yersin, 1894), de la sífilis (Schaudinn y Hoffman, 1905) etc. Igualmente se pudieron desentrañar los ciclos infectivos de agentes de enfermedades tropicales no bacterianas que la potencia colonial se encontró en ultramar: malaria (Schaudinn, 1901-1903), enfermedad del sueño (Koch, 1906), peste vacuna africana (debida al inglés Bruce, 1895-1897), etc.

Por otro lado, la Escuela Francesa, nucleada en el Instituto Pasteur, se concentró en los estudios sobre los procesos infectivos, la inmunidad del hospedador, y la obtención de vacunas, sobre todo a raíz de la vacuna antirrábica ensayada por Pasteur (1885), contribuyendo al nacimiento de la Inmunología.

- LOS CULTIVOS PUROS

Para estudiar adecuadamente las actividades de un microorganismo, se debe conocer con seguridad que es el único que está presente en un cultivo. En otras palabras, el cultivo debe ser **axénico** o **puro**.

Los primeros cultivos puros fueron obtenidos por el micólogo Brefeld, quién logró aislar esporas de hongos y cultivarlas sobre medios sólidos a base de gelatina. Por su tamaño este método se hacía inviable para las bacterias, por lo que recurrió a un método basado en diluciones. Joseph Lister fue el primero que obtuvo cultivos puros de bacterias, en 1878, con una jeringuilla construida especialmente realizó diluciones secuenciales de cultivos mixtos (probablemente leche), hasta lograr muestras en las que existía una sola célula. Pero la técnica era larga, tediosa y normalmente sólo se lograban aislar células del tipo bacteriano más abundante en el cultivo original.

Koch resaltó la importancia de los cultivos puros y desarrolló varios métodos ingeniosos para obtenerlos, el más útil de los cuales es el que basa en el aislamiento de colonias individuales sobre medios sólidos. Por aquella época Robert Koch buscaba métodos más sencillos de cultivo puro, indispensables para proseguir sus investigaciones sobre bacterias patógenas. Observó que cuando se exponía al aire la superficie de algún nutriente sólido, como una rebanada de patata, y luego se incubaba, se desarrollaban colonias bacterianas que exhibían formas y colores característicos. Dedujo que cada colonia se originaba a partir de una única célula

bacteriana que había caído sobre la superficie, había encontrado los nutrientes apropiados y había empezado a dividirse. Debido a que la superficie sólida evitaba que la bacteria difundiera, toda la descendencia de la célula inicial permanecía junta y, cuando alcanzaba un número suficiente organismos, la masa microbiana llegaba ser visible a simple vista. Además, supuso que las colonias con tamaños y colores diferentes derivaban de tipos diferentes de microorganismos y que estas colonias se podían perpetuar y diferenciar unas de otras por sus características peculiares. Las células de diferentes colonias diferían microscópicamente y a menudo también en sus temperaturas óptimas de crecimiento o en sus requerimientos nutricionales. Koch se dio cuenta de que todas estas diferencias entre los microorganismos equivalían a los criterios que los taxonomistas habían establecido para la clasificación de organismos superiores como animales y plantas *.

* En palabras del propio Koch: *“toda bacteria que mantenga las características que la diferencian de otras cuando se cultivan en el mismo medio y bajo las mismas condiciones, debería ser designada como especie, variedad, forma o cualquier otra designación adecuada.*

También, Koch observó que “cuando las células de una colonia aislada se dispersaban por una superficie fresca aparecían muchas colonias, cada una de las cuales tenía la misma forma y color que la colonial original”.

Koch se dio cuenta que este descubrimiento constituía un método muy simple de obtener cultivos puros: encontró que cuando se extendían cultivos mixtos sobre superficies sólidas conteniendo nutrientes, las células individuales podían quedar lo suficientemente separadas como para que las colonias originadas no se mezclaran, **(Técnica de Aislamiento)**.

Debe destacarse, que Koch percibió las implicaciones de sus métodos de obtención de cultivos puros en relación con el estudio de la sistemática microbiana.

Muchos microorganismos eran incapaces de crecer sobre rebanadas de patata, de modo que trató de idear medios sólidos en los que usaba la **gelatina** como agente solidificante de los diversos nutrientes líquidos que usaba para cultivar bacterias patógenas y desarrollo un método para preparar láminas horizontales de medio sólido que mantenía libre de contaminantes cubriéndolas con una campana o tapadera de cristal.

Los nutrientes con gelatina constituían un maravilloso medio de cultivo para el aislamiento y estudio de varias bacterias, pero presentaba varios inconvenientes, el más importante de los cuales era que la gelatina no se mantenía sólida a la

temperatura del cuerpo humano (37°C), que es la temperatura óptima para el crecimiento de la mayor parte de los patógenos humanos. Por tanto se necesita un agente solidificante más versátil, y éste resultó ser el **agar**. El agar se usaba con frecuencia en la preparación de geles. El primer uso del agar como agente solidificante en medios de cultivos bacterianos se debe a Walter Hesse, un asociado de Koch. La idea de que el agar podía ser usado en lugar de la gelatina fue sugerida por la mujer de Hesse, Fannie Hesse, quién la había usado el agar en la preparación de mermeladas de frutas.

Cuando se ensayó como agente solidificante en medios de cultivo, se apreció inmediatamente que superaba a la gelatina en muchos aspectos. Hesse escribió a Koch acerca de este descubrimiento, y Koch adoptó rápidamente esta técnica en sus propios trabajos, incluyendo sus estudios clásicos sobre el aislamiento de la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*, causante de la tuberculosis. Hoy en día, el agar es el principal agente usado para solidificar medios de cultivo.

Koch perfeccionó meticulosamente las técnicas de identificación que se usan actualmente, incluyendo el uso de **medios sólidos**, en los que las células individuales daban origen a colonias separadas, y el uso de **tinciones**.

En 1887 Richard Petri publicó un corto trabajo describiendo una modificación técnica de las láminas horizontales de Koch. La mejora de Petri que resultó enormemente útil, consistía en el **uso de las cajas o placas dobles circulares** que llevan su nombre. Las ventajas de las placas de Petri eran evidentes; podían ser fácilmente almacenadas y esterilizadas independientemente del medio de cultivo y, después de añadir el medio líquido fundido a la más pequeña de las dos tapaderas circulares, la mayor podía ser usada como tapadera para evitar contaminaciones. Las colonias que se formaban en la superficie del agar contenido en la placa de Petri quedaban expuestas al aire y podían ser fácilmente manipuladas para su estudio. La idea original de Petri y de Fannie Hesse no ha sido superada hasta la fecha, y constituyen el principal apoyo del laboratorio de microbiología.

Por tanto, el descubrimiento de Koch del medio de cultivo sólido y su importancia en la obtención de cultivos puros (cultivos axénicos) tuvo influencia más allá del ámbito de la bacteriología médica; sus aportaciones constituyeron los instrumentos necesarios para el desarrollo de campos como el de la taxonomía bacteriana, la genética y otras disciplinas relacionadas. Es importante destacar que la importancia de los Postulados de Koch va más allá de la mera identificación de organismos causantes de enfermedades. La conclusión esencial es que el estudio de los cultivos puros revela

que *organismos específicos tienen efectos específicos*. Este principio de que los diferentes organismos tienen actividades biológicas peculiares fue trascendental para establecer la microbiología como ciencia biológica independiente.

Los éxitos logrados por Koch y Pasteur les valieron honores y reconocimientos de sus entusiastas compatriotas. Debido a las importantes contribuciones realizadas por Koch y Pasteur, a comienzos del siglo XX la bacteriología en particular y la microbiología en general ya estaban bien establecidas.

PERÍODO DE AUGE DE LA MICROBIOLOGÍA GENERAL Y SURGIMIENTO DE DISCIPLINAS MICROBIOLÓGICAS ESPECIALIZADAS.

Gran parte de los avances en la Microbiología se debieron a la necesidad de resolver problemas prácticos. Pero hacia finales del siglo XIX una serie de investigadores desarrollaron importantes estudios básicos que fueron revelando una enorme variedad de microorganismos y sus actividades metabólicas, así como su papel crucial en ciclos biogeoquímicos, sus relaciones con procesos de nutrición vegetal.

El campo de la microbiología general tiene una gran deuda con la Escuela de Microbiología de Delft (Holanda), iniciada por Martinus Beijerinck y continuada por A. Kluver y C. Van Niel. Uno de los microbiólogos más grandes fue Beijerinck (entre otras cosas, fue el primero que caracterizó los virus), fue el primero que vio las posibilidades de la técnica de enriquecimiento y la utilizó para aislar y caracterizar una gran variedad de bacterias. Posteriormente, Kluver y van Niel utilizaron dicha técnica para aislar bacterias fototróficas y quimiolitotróficas y para demostrar la diversidad fisiológica existente en el mundo bacteriano.

Otra importante figura de la escuela holandesa fue M. Baas-Becking, que efectuó los primeros cálculos de la energía de las bacterias fototróficas y quimiolitotróficas y destacó la importancia de dichos organismos en los procesos biogeoquímicos.

Más tarde, van Niel se trasladó a Estados Unidos y allí formó a bacteriólogos generales, que siguieron la tradición de la escuela de Delft. Entre ellos estaban Stanier, Doudoroff y Hungate. Además, durante la década de los cincuenta y la de los sesenta bastantes científicos visitaron el laboratorio de van Niel en Pacific Grove (California) y aprendieron sus métodos y la técnica de enriquecimiento.

En los últimos años la "tradición de Delft" ha proseguido en Alemania de la mano de Pfennig, Schink, Stetter y Widdel, y de otros muchos investigadores, en Europa, en los países de la ex -Unión Soviética y también en Estados Unidos.

Un ejemplo excelente de la aplicación de la técnica de enriquecimiento se encuentra en el aislamiento de *Azotobacter*, una bacteria fijadora de nitrógeno descubierta por Beijerinck en 1901.

Durante el siglo XX la microbiología ha experimentado un rápido desarrollo en dos direcciones distintas, una **básica** y otra **aplicada**.

En su aspecto aplicado, los progresos de Koch condujeron a un extenso desarrollo de la **microbiología médica** y la **inmunología** en la primera parte del siglo, con el descubrimiento de muchas nuevas bacterias patógenas, y el establecimiento de los principios por los que estos patógenos infectan el cuerpo y se hacen resistentes a las defensas del mismo.

El clásico ejemplo de un portador crónico fue la mujer conocida como Mary Typhoid, una cocinera que trabajaba en la ciudad de Nueva York y en Long Island a comienzos del siglo XX. Mary Typhoid (su nombre verdadero era Mary Mallon) estuvo empleada en varias casa de huéspedes e instituciones y como cocinera, estaba, por tanto, en la posición ideal para infectar a un gran número de personas. La extensa investigación de un gran número de brotes de fiebre tifoidea, realizada por el Dr. George Soper, puso de manifiesto que Mary era la posible fuente de contaminación. Cuando se hizo el análisis bacteriológico de sus heces, tenía un elevado número de la bacteria *Salmonella typhi* agente etiológico de la fiebre tifoidea. Fue portadora durante muchos años, probablemente porque su vejiga estaba infectada y los organismos se excretaban continuamente desde allí a su intestino. Las autoridades sanitarias le ofrecieron la posibilidad de eliminar la vejiga, pero ella rechazó la operación y para evitar que continuase siendo una fuente de contaminación, fue llevada a prisión. Después de casi tres años recluida, fue liberada, con el compromiso de que no volvería a cocinar ni a manipular alimentos para otras personas y que se presentaría a las autoridades sanitarias cada tres meses. Desapareció rápidamente, cambió su nombre y trabajó como cocinera en hoteles, restaurantes y sanatorios, dejando tras de sí una estela de fiebre tifoidea. Al cabo de cinco años, fue capturada como resultado de la investigación de una epidemia que ocurrió en el Hospital de Nueva York. De nuevo fue arrestada y conducida a prisión y permaneció bajo custodia en la isla de North Brother en el río East de la ciudad de Nueva York, durante 23 años. Murió en 1938, 32 años después de que el epidemiólogo hubiese descubierto que ella era un portador crónico de fiebre tifoidea.

Otros avances prácticos se registraron en el campo de la **microbiología agrícola**, y ayudaron a comprender los procesos microbianos que son beneficiosos o perjudiciales para el crecimiento de las plantas.

La importancia de la fijación de nitrógeno para la nutrición vegetal llegó con los estudios sobre bacterias formadoras de nódulos en las raíces de las leguminosas. Ya los experimentos cuantitativos sobre plantas creciendo en recipientes, realizados por Boussingault a mediados del siglo XIX, habían indicado que las leguminosas asimilaban nitrógeno de la atmósfera. En 1866 Voronin descubrió las bacterias de los nódulos radicales de esta familia de plantas. El aislamiento de estas bacterias (bacteroides intranodulares) por Prazmowski en 1890, y la relación entre su formación y la fijación de nitrógeno (Nobbe y Hiltner, 1893) impulsaron la investigación sobre este tema que tanta trascendencia presentaba para la agronomía. Estos estudios son la base de todos los ulteriores trabajos de Microbiología Agrícola, de modo que esta especialidad fue incorporada tempranamente a los laboratorios científicos y estaciones experimentales.

Posteriormente en este siglo, los estudios sobre microbiología del suelo aportaron descubrimientos sobre usos importantes de los microorganismos, tales como la formación de antibióticos y productos industriales. Esto abrió el campo de la **microbiología industrial**, especialmente después de la Segunda Guerra Mundial.

Al comienzo de los años 1900, Paul Erlich desarrolló el concepto de toxicidad selectiva. Al estudiar la tinción de los microorganismos observó que algunos colorantes teñían a los microorganismos pero no a los tejidos animales. Asumió que si un colorante no tiñe un tejido, las moléculas del colorante no son capaces de combinarse con los componentes de la célula. Luego hizo el razonamiento de que si el colorante tuviese propiedades tóxicas, no afectaría a las células animales porque no podría combinarse con ellas, pero debería atacar a las células microbianas. En un animal infectado, las sustancias químicas se comportarían como “balas mágicas”, “golpeando” al patógeno pero sin alcanzar el hospedador.

Erlich ensayó la selectividad de una gran variedad de productos químicos y descubrió los primeros agentes quimioterapéuticos, de los cuales el Salvarsan, para el tratamiento de la sífilis, fue el más famoso. Sin embargo, no se descubrieron agentes que afectasen a la gran mayoría de los microorganismos patógenos hasta que en el año 1930 Domagk descubrió las sulfas. A pesar del éxito de las sulfas, la mayoría de las enfermedades infecciosas no estaban todavía bajo control químico.

El descubrimiento del primer antibiótico, **la penicilina**, por Alexander Fleming, hizo ver a los investigadores cuál era la dirección correcta. Fleming caracterizó el producto y, como lo producía un hongo del género *Penicillium*, y le dio el nombre de penicilina. Su trabajo no incluyó un proceso para la producción en gran escala, ni demostró que la penicilina era efectiva para el tratamiento de enfermedades infecciosas.

Esto lo hizo en 1939, un grupo de científicos británicos de la Universidad de Oxford, encabezados por Howard Florey, motivados por la inminente Segunda Guerra Mundial, y el conocimiento de que las enfermedades infecciosas era la causa principal de muerte entre los soldados en el campo de batalla. Florey y sus colegas desarrollaron métodos para el análisis y ensayo de la penicilina y para su producción en grandes cantidades. Luego, procedieron a ensayar la penicilina frente a infecciones bacterianas en seres humanos. La penicilina resultó ser espectacularmente efectiva (más efectiva que las sulfas). En 1941, Florey llevó a los Estados Unidos cultivos del hongo productor de la penicilina y persuadió al gobierno de USA para que crease un programa de investigación a gran escala que condujo a un gran esfuerzo conjunto de la industria farmacéutica, el Departamento de Agricultura de la USA y de varias universidades. Al final de la Segunda Guerra Mundial, se disponía de grandes cantidades de penicilina, tanto para uso militar como civil. Terminada la guerra, las compañías farmacéuticas entraron en la producción de penicilina en forma competitiva y comenzaron a buscar otros antibióticos.

El éxito fue rápido y espectacular y el impacto sobre la medicina, casi fenomenal. La mortalidad de los recién nacidos y la mortalidad infantil se han reducido enormemente y muchas enfermedades que tenían tasas altas de mortalidad, son ahora poco más que curiosidades médicas *.

**La primera publicación de Fleming, sobre la penicilina aparecida en 1929, empieza de este modo: "Mientras trabajaba con variantes de estafilococos abandoné sobre la mesa del laboratorio una serie de placas de cultivo y las fui examinando de vez en cuando. Para examinarlas, estas placas se exponían necesariamente al aire y se contaminaron con una variedad de microorganismos. Observé que alrededor de una gran colonia de un hongo contaminante, las colonias de estafilococos se hacían transparentes y obviamente estaban sufriendo una lisis. Se hicieron resiembras de este hongo y se realizaron experimentos encaminados a comprobar las propiedades de la sustancia bacteriolítica que evidentemente se había formado en el cultivo del hongo y que había difundido al medio circundante".*

La microbiología del suelo ha suministrado bases sólidas para el estudio de los procesos microbianos que ocurren en cursos de agua tales como lagos, ríos y océanos, estudios que se agrupan en el área de la **microbiología acuática**. Una rama de la microbiología acuática se centra en el estudio de los procesos capaces de suministrar agua saludable a la sociedad humana. Para suministrar agua potable adecuada se han establecido métodos que eliminan las bacterias peligrosas de las redes de agua, lo que constituye la **microbiología del agua potable**.

La importancia del agua de bebida como vehículo para la difusión del cólera fue demostrado por primera vez en 1855, por el médico John Snow, quién en aquella época no tenía conocimiento que el agente etiológico del cólera fuese una bacteria. En Londres, los abastecimientos de agua a las diferentes partes de la ciudad procedían de distintas fuentes y se conducían de distintas maneras. En una amplia zona del sur del río Támesis, abastecían de agua a las casas dos compañías privadas que competían entre sí. El agua suministrada por una de las compañías era el principal vehículo de transmisión del cólera.

Cuando Snow empezó a sospechar del abastecimiento del agua de la compañía, hizo una cuidadosa revisión de cada una de las casas donde había muerto alguien de cólera y determinaba cuál era la compañía que suministraba el agua a esa residencia. Snow intentó relacionar la incidencia de la enfermedad con las fuentes de agua utilizadas por las dos compañías. Como sospechaba que los excrementos y evacuaciones de los enfermos de cólera eran altamente infecciosos, consideró que podía existir una contaminación del abastecimiento de agua con aguas residuales. En aquellos días no se hacían ningún tratamiento de aguas residuales y se vertían directamente sobre el Támesis. Una compañía tenía su abastecimiento de agua a la margen derecha del Támesis, en el corazón de Londres, donde podía tener lugar la contaminación con las aguas residuales, en tanto que la otra compañía obtenía su agua de un punto del río situado considerablemente lejos, por encima de la ciudad, y por ello estaba relativamente libre de contaminación. Era esta diferencia en la situación de la fuente, lo que explicaba las diferencias en la incidencia de la enfermedad*.

* En palabras de Snow: "dado que no existen diferencias ni en las casas, ni en la gente que recibe el suministro de agua de las dos compañías, ni en las condiciones físicas del entorno, resulta obvio que no podría haberse diseñado un experimento que mostrase con más exactitud que éste, el efecto del abastecimiento del agua en el avance de la epidemia de cólera. Este experimento, además, se hizo a la mayor escala posible. No menos de tres mil personas de

ambos sexos, de todo tipo de edad y ocupación y de todo rango y clase social, desde los más ricos a los más pobres, se dividieron en dos grupos sin que ellos lo eligieran y en la mayoría de los casos, sin su conocimiento. Un grupo recibía agua que contenía restos de las aguas residuales de Londres y en ella lo que podía proceder de los pacientes de cólera, y el otro grupo recibía agua bastante libre de estas impurezas.

El manejo de los desperdicios que el hombre origina, especialmente los desechos domésticos, requiere el desarrollo de procesos de ingeniería a gran escala para el tratamiento de residuos, muchos de los cuales son microbianos. Para ello se ha desarrollado una **microbiología sanitaria**.

Aunque los habitantes de los países desarrollados se han acostumbrados a vivir en una “sociedad de plástico”, está claro que los vertederos municipales no pueden continuar acumulando plásticos sintéticos. Puesto que durante períodos relativamente largos no se ha producido ninguna biodegradación significativa de estos materiales, se ha pensado en los polímeros naturales para sustituir a los plásticos.

Dado que cualquier sustancia de origen biológico puede ser degradada por uno u otro microorganismo, la utilidad generalizada de plásticos biológicos podría resolver los principales problemas que ocasionan los residuos. Los polímeros de reserva (poli- β -hidroxialcanoatos) producidos por microorganismos, poseen muchas de las propiedades generales de los plásticos sintéticos y son sintetizados por las células en diversas formas bioquímicas.

Los plásticos bacterianos constituyen un nuevo y apasionante campo de investigación. Es interesante saber que el área de los polímeros, que hasta hace poco era dominio de físicos y químicos, se ha visto reforzada con los microbiólogos, que ofrecen soluciones microbianas a dos de las cuestiones más graves a las que se enfrenta la industria de los polímeros sintéticos: 1) los problemas ecológicos que provocan los materiales recalcitrantes como son la mayoría de plásticos sintéticos desechables y 2) la producción de nuevos polímeros con propiedades físicas inusuales u obtenible únicamente por síntesis química.

Hacia finales del siglo XX, todas estas subdisciplinas relacionadas con la microbiología aplicada se han unido en un área llamada **ecología microbiana**.

Además de estos aspectos **aplicados**, que han fomentado tantos progresos en la sociedad humana, se han desarrollado ampliamente nuestros conocimientos sobre los principios **básicos** de la función microbiana.

En la primera parte del siglo los avances más importantes en microbiología básica estuvieron relacionados con el descubrimiento de nuevas clases de bacterias y su adecuada clasificación (**taxonomía bacteriana**).

La clasificación bacteriana requirió conocer los nutrientes que las bacterias consumen y los productos que forman, dando lugar al campo de la **fisiología microbiana**.

El descubrimiento de la autotofía en las bacterias quimiolitotróficas fue muy importante para el avance de nuestros conocimientos en fisiología celular porque mostraron que el dióxido de carbono podía ser convertido a carbono orgánico sin la intervención de la clorofila. Previamente, se había pensado que sólo las plantas verdes convertían el dióxido de carbono a forma orgánica. La idea de la autotofía quimiolitotrófica fue desarrollada inicialmente por el gran microbiólogo ruso Sergei Winogradsky al estudiar las bacterias del azufre.

Una parte de la fisiología que llegó a ser de vital importancia a medida que avanzaba el siglo fue el estudio físico y químico de la estructura de las bacterias, estudios que se integraron en el campo de la **citología bacteriana**.

Otra rama importante de la fisiología fue el estudio de las enzimas bacterianas y de las reacciones químicas que dirigen, lo que en conjunto constituye la **bioquímica bacteriana**.

El estudio de la herencia y las variaciones que las bacterias sufren a lo largo de su crecimiento y desarrollo representa otra área muy importante de investigación básica, que configura la disciplina de la **genética bacteriana**.

Aunque a principios de siglo se tenían algunas ideas sobre variación microbiana hubo que esperar hasta el descubrimiento del intercambio genético en bacterias, (en 1950) para que la genética bacteriana llegara a constituir un intenso campo de estudio.

El descubrimiento de la recombinación genética en bacterias por transformación, transducción y conjunción es un suceso relativamente reciente. De los tres procesos, el descubrimiento de la transformación fue el más significativo ya que suministró la primera evidencia de que el ADN es el material genético. La primera evidencia de transformación bacteriana la obtuvo el científico británico Fred Griffith al final de década de los años 1920.

En 1953, James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins anunciaron su modelo de estructura de ADN, aportando una base teórica sobre cómo el ADN podría actuar como material genético. Así, dos tipos de estudios, el bacteriológico y bioquímico de Avery y el físico- químico de Watson y Crick, fundamentaron el concepto de que el

ADN es el material genético. En años posteriores este trabajo abriría por entero el campo de la genética molecular.

La genética bacteriana, la bioquímica y la fisiología se desarrollaron fundamentalmente hacia mediados de siglo, permitiendo a principio de los años sesenta un conocimiento avanzado del ADN, ARN y la síntesis proteica. Surgió entonces la **Biología molecular**, debido en gran parte a estos estudios con bacterias.

Alrededor del año 1970, los conocimientos básicos de la fisiología, la bioquímica y la genética bacteriana avanzaron de tal modo que hicieron posible manipular experimentalmente material genético de las células usando bacterias como instrumentos. Esos conocimientos también permitieron introducir material genético (ADN) de origen exógeno en bacterias para controlar su replicación y características. Esto llevó a la aparición de la **biotecnología**.

Otro avance importante del siglo XX es el estudio de los virus. Aunque las enfermedades causadas por virus se descubrieron al final del siglo XIX, la verdadera naturaleza de los virus no se desveló hasta que no se alcanzó la segunda mitad del siglo XX. La gran parte de este trabajo comprende el estudio de virus que infectan las bacterias (bacteriófagos).

CONCLUSIÓN

Los microorganismos son seres diminutos, imposibles de ver a simple vista. Por ello y durante varios siglos, su acción, tanto beneficiosa como nociva, dio lugar a numerosas hipótesis, muchas de ellas pintorescas, y sin ningún fundamento científico.

Muchos fenómenos relacionados con la vida solo han podido ser explicados hasta que se inventó el **microscopio**. Por el microscopio, desde el invento de Van Leeuwenhoek, hasta los modernos microscopios electrónicos, conocemos la morfología y características de la mayoría de los microorganismos.

Gracias a este **instrumento**, el hombre percibió una nueva dimensión de la naturaleza, como así también fue el artífice del origen de una nueva rama del conocimiento, la **microbiología**. De esta surgieron diversas subdisciplinas, las cuales experimentaron un avance espectacular, que se reflejó en la calidad de vida de la humanidad.

Durante el desarrollo de esta ciencia, el microscopio fue el elemento indispensable y aún no perdió su protagonismo debido a su inestimable valor en cualquier laboratorio de investigación.

La historia de la Microbiología no es tan solo un simple relato de realizaciones y de acontecimientos sobresalientes, sino también un claro ejemplo de la capacidad de observación, y de experimentación, de la constancia, el ingenio y de la curiosidad de “mentes preparadas”, cuyo camino se dirigió al conocimiento y a la solución de problemas que aquejaban a la humanidad.

La historia de la Microbiología es también, una muestra de la insospechada influencia que puede ejercer una disciplina en los diversos ámbitos de la vida del hombre. La Microbiología ha contribuido a la industria, a la agricultura, a la salud, y a la ciencia en general. Pero también se ha encargado de derribar mitos y creencias, e incluso a enfrentarse a pensamientos religiosos.

BIBLIOGRAFÍA

- Brock, T.; Smith, D. y Madigan, M. (1987). “Microbiología”. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Cuarta Edición. México. :1-15.
- Carpenter, Philip (1979). “Microbiología”. Editorial Interamericana. Cuarta Edición. México. :23-38.
- Davis, B.; Dulbecco, R.; Eisen, H. y Ginsberg, H. (1985). “Tratado de Microbiología”. Editorial Salvat. Tercera Edición. Barcelona. España. :1-10.
- Dubos, R. “Louis Pasteur”. Biblioteca Salvat de Grandes Biografías.
- Iáñez Pareja, E. (1998).”Curso de Microbiología general. Concepto e Historia de la Microbiología”.[Http://www.ugr.es/~eiañez/microbiología](http://www.ugr.es/~eiañez/microbiología)
- Joklik, W.; Willett, H. y Amos, D. (1986). “Zinsser. Microbiología”. Editorial Médica Panamericana. Décima octava edición. Buenos Aires. Argentina. :15-21.
- Madigan, M.T.; Martinko, J. y Parker, J. (1998). “Brock. Biología de los Microorganismos”. Prentice Hall Iberia. Octava edición. Madrid. :986.
- Mayea Silverio Sergio (1989). “Microbiología Agrícola”. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. :1-11.
- Paul, E. and Clark, F. (1996). “Soil Microbiology and Biochemistry”. Academic Press. Second Edition. The United States of America. :2-9.

- Pelczar, M.J. y R.D. Reid (1979). "Microbiología". Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. :26-41.
- Stanier, R.; Adelberg, E. y Ingraham, J. (1985). "Microbiología". Editorial Reverté S.A. Cuarta Edición. Barcelona. España. :1-19.
- Sylvia, D.; Fuhrmann, J.; Hartel, P. and Zuberer, D. (1998). "Principles and Applications of Soil Microbiology". Prentice Hall. United States of America. :9-15.
- Weht, Sebastián (2000). "El Método Experimental en Francis Bacon. Implicación de sus aciertos y errores en los modelos biológicos y naturales". Vol. 12. Serie Tesis. Secretaría de Posgrado. Secretaría de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán. Argentina. :93-97.