Jules Bordet: El sistema de 'complemento' y la guerra bacteriana (1919)

1 de abril de 2026



Imaginad por un momento que vuestro cuerpo es una fortaleza. Una fortaleza asediada constantemente por invasores invisibles: bacterias, virus, parásitos. ¿Cómo es posible que, la mayoría de las veces, ni siquiera nos demos cuenta de esta guerra silenciosa que se libra en nuestro interior, minuto a minuto?

En el fascinante viaje de la medicina, hubo un tiempo en que los científicos sabían que el cuerpo luchaba. Conocían a los 'soldados' principales, los anticuerpos, esas proteínas especializadas que actúan como misiles teledirigidos para identificar y marcar a los enemigos. Pero algo no cuadraba del todo. A veces, los anticuerpos no eran suficientes. Era como si marcar al enemigo fuera solo el primer paso, y luego una fuerza misteriosa, un 'equipo de asalto' desconocido, entrara en acción para aniquilar la amenaza.

Aquí es donde entra en escena un hombre llamado Jules Bordet. Nacido en Soignies, Bélgica, en 1870, Bordet era un joven investigador con una paciencia de relojero y una curiosidad insaciable. Tras formarse en la prestigiosa escuela de Louis Pasteur en París, regresó a su Bruselas natal con una misión: desentrañar los secretos más íntimos de la inmunidad. Era 1895, y el mundo estaba obsesionado con los microbios, pero Bordet miraba más allá de ellos, hacia las complejas respuestas de nuestro propio organismo.

Bordet observó que cuando la sangre de un animal se exponía a ciertas bacterias, las bacterias morían. Los anticuerpos estaban allí, sí, pero descubrió que si calentaba la sangre, esa capacidad

de matar desaparecía, ¡aunque los anticuerpos seguían intactos! Era como si el 'arma letal' se hubiera desactivado, pero el 'sistema de puntería' (los anticuerpos) siguiera funcionando perfectamente. Esta observación tan simple, casi trivial a primera vista, fue la chispa que encendió una de las revoluciones más grandes en nuestra comprensión de cómo nos defendemos.

Imaginad que vuestro sistema de seguridad casero tiene cámaras (anticuerpos) que identifican a un intruso. Pero las cámaras por sí solas no lo expulsan. Se necesita algo más: una alarma ruidosa, puertas que se cierran, quizás incluso un rociador que incapacite al ladrón. Bordet había descubierto esa 'alarma' o 'rociador' misterioso. Él lo llamó el 'complemento', porque, de forma muy literal, 'complementaba' la acción de los anticuerpos. Pero, ¿cómo funciona exactamente este 'complemento'? ¿Y por qué era tan crucial entenderlo para librar la guerra contra las enfermedades que nos asolaban?

La clave de la observación de Bordet residía en ese calor. Si calentaba la sangre a unos 56 grados Celsius, el poder asesino se evaporaba. Los anticuerpos, esas piezas de inteligencia inmune, resistían el calor sin problemas. Esto significaba que había otro componente en el plasma sanguíneo, una sustancia sensible al calor que era indispensable para que los anticuerpos pudieran llevar a cabo su misión destructora. Bordet había descubierto una fuerza auxiliar, una brigada de choque molecular que esperaba la señal para actuar, un aliado silencioso pero letal.

El 'Complemento': La Brigada de Asalto Silenciosa

Imaginemos el sistema inmune como un equipo de seguridad complejo y altamente organizado. Los anticuerpos son como los 'perfiles de búsqueda' o las 'alertas de identificación facial'. Son extremadamente específicos: reconocen a un tipo de bacteria en particular, a un virus concreto, como un ladrón con un rostro único o una huella dactilar distintiva. Pero, ¿qué pasa una vez que se identifica al ladrón? No basta con señalarlo y esperar. Se necesita una acción contundente. Ahí es donde entra en juego el 'complemento', que Bordet nombró por su capacidad de 'complementar' la acción de los anticuerpos.

El complemento no es una sola molécula solitaria, sino un ejército entero de proteínas que flotan inactivas en nuestra sangre, listas para la batalla. Es como una serie de micro-bombas o componentes de un sistema de autodestrucción en espera, cuidadosamente empaquetados y listos para ser ensamblados en el momento justo. Cuando un anticuerpo se une a la superficie de una bacteria (el 'ladrón' que ha sido identificado y marcado), es como si activara una pequeña señal, una especie de 'alarma de proximidad' química. Esta señal es la chispa que enciende una cascada, una reacción en cadena fascinante y devastadora que Bordet fue el primero en vislumbrar y describir en sus etapas iniciales.

La Cascada del Complemento: Un Efecto Dominó Letal

Pensad en ello como un efecto dominó molecular de precisión. La activación de una proteína del complemento lleva a la activación de la siguiente, y así sucesivamente, en una secuencia bien coreografiada. Esta cascada tiene varios 'caminos' o rutas de activación (los científicos hoy hablan de la vía clásica, la vía alternativa y la vía de las lectinas), pero todas convergen en un objetivo común y brutal: la destrucción o neutralización del invasor. Básicamente, estas proteínas, una vez activadas, realizan tres funciones principales que son esenciales para nuestra supervivencia:

- **Crean Agujeros en el Enemigo (Lisis Celular Directa):**El más espectacular y letal de sus poderes es la formación de lo que se llama el 'complejo de ataque a la membrana' (CAM). Varias proteínas del complemento, una vez activadas, se ensamblan metódicamente en la superficie de la bacteria. Es como si construyeran un 'taladro molecular' que perfora un agujero permanente en la membrana externa del invasor. Imaginad un diminuto taladro que hace un agujero en la pared de un globo. El contenido interno de la bacteria se derrama, la presión osmótica cambia drásticamente, y la bacteria se hincha y estalla, como un globo desinflándose y reventando. ¡Es una muerte celular brutal, directa e irreversible, una ejecución in situ del enemigo!

- **Marcan a los Invasores para la Destrucción (Opsonización):**Algunas proteínas del complemento actúan como 'banderas rojas' o 'señales de captura' que facilitan el trabajo de otros soldados inmunes. Se adhieren firmemente a la superficie de las bacterias o partículas extrañas, haciendo que sean mucho más apetecibles y reconocibles para las células inmunes más grandes, conocidas como fagocitos (que significa 'células que comen'). Estos fagocitos, que son como los 'limpiadores' o 'recicladores' voraces de nuestro cuerpo, se tragan y digieren al invasor marcado con una eficiencia increíblemente mayor. Es como si el complemento aplicara una 'etiqueta de envío rápido' o un 'código de barras para la eliminación' en el enemigo, garantizando su captura.

- **Envían Señales de Alarma y Atracción (Inflamación y Quimiotaxis):**Otras proteínas activadas del complemento actúan como 'feromonas' o 'llamadas de emergencia' químicas. Son potentes señales que atraen a otras células inmunes, como los neutrófilos y los macrófagos, al lugar exacto de la infección. Esta afluencia de células y líquidos intensifica la inflamación (el enrojecimiento, la hinchazón, el calor y el dolor que sentimos cuando tenemos una infección), que, aunque incómoda, es una parte vital de la respuesta inmune, ya que ayuda a contener y erradicar al patógeno.

Lo que Bordet había descubierto era, por tanto, un sistema de defensa intrínseco, preexistente y listo para la acción, que magnificaba y complementaba la especificidad de los anticuerpos. No era suficiente con reconocer al enemigo; se necesitaba un mecanismo potente y versátil para eliminarlo de manera eficiente. Y ese mecanismo, esa artillería pesada que esperaba la señal de los anticuerpos, o incluso podía activarse por sí mismo bajo ciertas circunstancias, era el complemento.

De la Teoría a la Práctica: El Legado Diagnóstico de Bordet

La comprensión del sistema de complemento, en sus primeras etapas, tuvo un impacto inmenso, no solo en la teoría inmunológica y nuestra visión de cómo funciona el cuerpo, sino también en el desarrollo de herramientas diagnósticas cruciales que salvarían millones de vidas. La más famosa de estas aplicaciones fue la 'Reacción de Wassermann', una prueba pionera para detectar la sífilis, una enfermedad sexualmente transmisible devastadora en aquella época, desarrollada por August von Wassermann y Julius Citron en 1906. Lo fascinante es que esta prueba se basaba directamente en los principios que Bordet había descubierto sobre la fijación del complemento.

En términos sencillos, la prueba de Wassermann utilizaba un ingenioso truco: la 'fijación del complemento'. Se mezclaba la muestra de sangre del paciente (que podía o no contener anticuerpos contra la sífilis) con antígenos conocidos de sífilis y una cantidad controlada de complemento. Si en la sangre del paciente existían anticuerpos contra la sífilis, estos anticuerpos se unirían a los antígenos de sífilis. Y, crucialmente, una vez unidos, estos anticuerpos 'fijarían' o 'consumirían' el complemento que se había añadido a la mezcla. Luego, para saber si el complemento había sido 'fijado' (consumido), se añadía un segundo sistema indicador, generalmente glóbulos rojos de oveja y anticuerpos anti-glóbulos rojos de oveja. Si el complemento había sido fijado por los anticuerpos de sífilis, el segundo sistema no podría activarse y los glóbulos rojos no se romperían. Si, por el contrario, el paciente no tenía anticuerpos de sífilis, el complemento quedaba 'libre' y entonces sí rompería los glóbulos rojos indicadores.

Este método indirecto, aunque complejo de entender sin una demostración, fue una maravilla de la ingeniería biológica. Permitía a los médicos saber si una persona había estado expuesta a la sífilis, una enfermedad que, si no se trataba, podía causar daños neurológicos, cardíacos y mentales devastadores. Durante décadas, la reacción de Wassermann fue la principal y a menudo la única herramienta de diagnóstico para la sífilis en todo el mundo, salvando incontables vidas al permitir un diagnóstico temprano y un tratamiento efectivo. Es un ejemplo brillante de cómo la ciencia básica de Bordet tuvo un impacto directo y transformador en la salud pública.

Pero el trabajo de Bordet no se detuvo ahí. Su dedicación incansable a la microbiología y la inmunología le llevó a otros descubrimientos vitales. En 1906, junto con su colaborador Octave Gengou, logró un hito significativo: aislar la bacteria responsable de la tos ferina (pertussis), a la que hoy conocemos como*Bordetella pertussis*en su honor. Además, desarrolló el primer medio de cultivo para esta bacteria, un paso fundamental para poder estudiarla, entender su patogenia y, en última instancia, desarrollar vacunas y tratamientos contra esta enfermedad infantil, que en aquella época era una causa importante de mortalidad infantil.

El Reconocimiento y la Era Post-Guerra

El impacto de Jules Bordet en la medicina fue tan profundo que en 1919, en las postrimerías de la Primera Guerra Mundial y en medio de la devastación de la pandemia de gripe española, se le concedió el prestigioso Premio Nobel de Fisiología o Medicina 'por sus descubrimientos en relación con la inmunidad'. Fue un reconocimiento a más de dos décadas de investigación minuciosa, paciente y, en última instancia, revolucionaria. En un mundo devastado por la guerra y las enfermedades infecciosas, entender cómo nuestros propios cuerpos se defendían era más crucial que nunca. El premio a Bordet no solo honró sus propios logros y su aguda visión científica, sino que también solidificó el campo de la inmunología como una disciplina científica central y vital en la medicina moderna. Sus descubrimientos abrieron la puerta a una comprensión mucho más profunda de fenómenos como las alergias, las enfermedades autoinmunes (cuando el sistema inmune ataca al propio cuerpo por error) y, por supuesto, el desarrollo de nuevas vacunas y terapias.

Hoy en día, el sistema de complemento sigue siendo un área de intensa investigación, mucho más compleja de lo que Bordet pudo imaginar. Sabemos que es una red de más de 30 proteínas que interactúan de maneras intrincadas, reguladas con una precisión asombrosa para evitar daños al propio organismo. Pero la base, la idea de un 'complemento' que amplifica, regula y ejecuta la respuesta inmune, sigue siendo una de las piedras angulares de nuestra comprensión moderna de la vida, la enfermedad y cómo nuestro cuerpo lucha para mantenernos a salvo.

Jules Bordet nos enseñó que la guerra dentro de nosotros no la libran solo los valientes 'soldados' que reconocemos fácilmente, como los anticuerpos. Hay una intrincada red de 'comandos especiales' invisibles, activados en el momento preciso por esas señales iniciales, que convierten el reconocimiento en aniquilación. Su legado es un recordatorio perdurable de que a veces, los mayores descubrimientos provienen de observar lo que otros dan por sentado, de hacerse las preguntas correctas y de tener la paciencia y la genialidad para desentrañar los secretos más profundos de la vida a nivel molecular, revelando una belleza y una ferocidad biológica que rivaliza con cualquier drama épico.