

El proceso inmunológico: EL VERDADERO HEROE

Ismael Soto López*

Desde el comienzo, al cabo de 3 000 millones de años de continuo batallar y gracias a que la lucha evolutiva comenzó a desarrollarse en nuestros antepasados, y luego en cada uno de nosotros, se ha desarrollado un sistema de protección tan amplio y refinado que gracias a él hemos perdurado y seguimos adelante, pese a pulmonías, meningitis, huesos rotos, quemaduras, accidentes, etc.

Nuestros enemigos en la lucha por la existencia han sido los cataclismos y accidentes, pero los verdaderos enemigos son los miles de microorganismos presentes en el aire, en el agua y en el polvo y que tratan de sobrevivir y reproducirse a costa de nosotros.

A pesar de nuestro natural terror a lo desconocido y nuestra aversión a la muerte así como la angustia de perder a los seres queridos, hay enfermedades tan dolorosas e implacables que no nos parece tan malo el fin cuando éste llega. Tan terrible es la agonía que todos (padres, amigos, familiares y conocidos) sienten alivio cuando sobreviene la muerte y hasta nos preguntamos por qué vinieron al mundo.

Normalmente un niño al nacer y después de los dos meses comienza a tener hasta seis u ocho resfriados al año. Son en general cortos: unos días de catarro, mal humor, algo de diarrea, y luego se repone completamente. Los recién nacidos, están protegidos durante los

* Escuela de Ciencias Químicas, Departamento de Química Inorgánica. Ciudad Universitaria, 72570, Puebla, Pue.



3 primeros meses contra bacterias y virus del aire, el agua y los alimentos, por inmunoglobulinas o anticuerpos formados previamente en el organismo materno y transferidos a ellos durante su desarrollo intrauterino.

Tales anticuerpos eran los vigilantes especiales fabricados por el organismo de la madre para su propia protección y habían entrado en la corriente sanguínea del feto para protegerlo durante el parto y algún tiempo después. Pero, como cualquier otra proteína, estos anticuerpos se desintegran posteriormente, y, si el recién nacido no es capaz de elaborar sus propios anticuerpos, quedará a merced de las infecciones cuando hayan pasado algunos días más.

La deficiencia inmunógena es uno de los males que afecta a recién nacidos aparentemente perfectos, pero que están privados de nuestra herencia química vital. Desde el primer catarro, la tos seca continúa y la fiebre persiste. Lo que los padres suponen pasajero, no lo es. A fin de cuentas el niño ha sido sano antes del resfriado y absolutamente normal desde su nacimiento. Cuando el primer resfriado no desaparece, los padres llevan al pequeño con el médico, quien no halla nada anormal. Sin embargo a los pocos días el niño empeorará. Han llamado al médico nuevamente, y hasta habrán con-



sultado a otros médicos más, amigos, familiares, etc., y saben que los resfriados no se prolongan tanto. Al darse cuenta que algo anda mal, se enfrentan indignados al médico, esperando que la medicina cumpla con sus promesas. Puede que el pediatra, ofendido y desesperado, hospitalice al niño, ya sea para tranquilizar a los padres o porque él mismo ya sospecha algo.

Casi de inmediato se advertirán unas pequeñas manchas en la boca del enfermo que la mamá pudo haber supuesto como restos de cereal o leche cuajada, pero después se ve que es imposible limpiarlas.

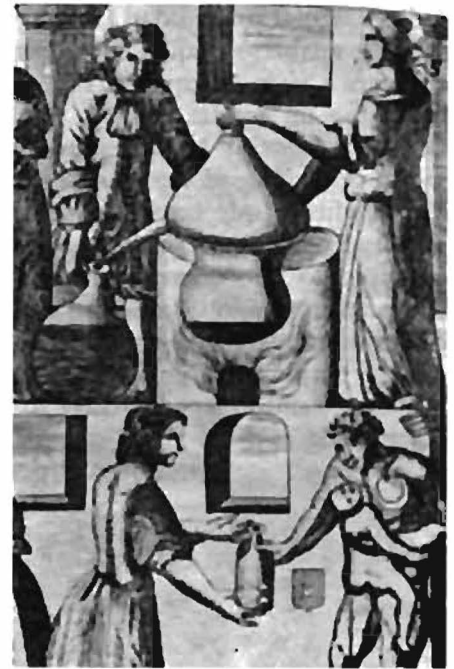
Esta vez no es el resfriado, sino un hongo, *Cándida Albicans*, que crece sobre cualquier superficie tibia y húmeda. Los médicos pueden ver frecuentemente a criaturas con esas placas grisáceas en la boca, llamadas aftas. En la mayoría de los casos, aunque persisten, no son serias, y el organismo del niño las va haciendo desaparecer. Si se extendieran, se pueden combatir con medicamentos fungicidas para ayudar al sistema inmunógeno del infante a que actúe. Pero como todos los antibióticos, estos fármacos sólo permiten ganar tiempo. Tienen a los microorganismos en jaque, retardan su desarrollo y quizá hasta maten a unos cuantos pero a final de cuentas es el organismo el que debe de limpiar el campo de batalla, buscar y exterminar hasta el último de los microbios.

La verdad es que todos los medicamentos, las drogas todas y los adelantos de la técnica no hacen más que ayudar al sistema inmunológico del organismo. Nos dan un respiro para preparar la defensa, pero nada más. Los avances en farmacología y tratamiento de las enfermedades nos han traído una engañosa sensación de seguridad, como si ellos mismos fueran toda la solución. Pero cuando existe la deficiencia inmunógena no hay nada que pueda salvar totalmente la situación.

El hongo continúa extendiéndose, los padres del niño observan mientras la medicina falla; ven las aftas bajar de la nariz por la cara de su hijo. Las ven derramarse por el menón y el cuello. Luego comienzan a agrietarse y a sangrar; el rostro redondito y rechoncho se disfigura. El niño, hambriento, pero incapaz de comer se retuerce y llora; la boca ya empieza podrirse.

El hongo desciende por la garganta y el esófago, llega al estómago. El enfermo arroja sangre al toser.

Por entonces el médico ya debe saber qué le pasa al niño, y se lo explicará a los padres. Así el organismo del pequeño después de un combate continuo y desesperado no podrá resistir y sobreviene la muerte.



*

La Inmunología tiene alrededor de 100 años como ciencia, pero los procesos que en ella se estudian son tan antiguos como la naturaleza misma. La forma en que lucha nuestro organismo contra infecciones o enfermedades evolucionó junto con los océanos y continentes de nuestro mundo.

Podemos describir un océano primitivo que existía muchas épocas antes de que se formara el más viejo de los fósiles contenido en las rocas. Este océano probablemente tenía una concentración de sustancias como sodio, potasio, cloruro, calcio o magnesio; actualmente se considera que nuestro cuerpo imita en sus fluidos a éstos mares primigenios. Aún llevamos dentro aquellos mares, y las mismas batallas químicas que se reñían hace millones de años.

Los campos de batalla, que se extendían bajo cientos de kilómetros cuadrados de agua marina se han reducido a unos pocos centímetros cúbicos de sangre; las bahías y caletas serán hoy fluidos de los riñones o pulmones, pero la derrota significa ahora lo mismo que entonces: el fin de la historia y de cualquier posibilidad futura.

Para nosotros, aquel algo que empezó a vivir en una era tan remota fue un ser fragilísimo. Aún la ciencia concibe la vida como un mecanismo delicado en tan sensible equilibrio que hasta el menor accidente puede destrozarlo. Sin embargo lo que ocurrió en aquellos antiguos mares ha perdurado. Pasaron una y otra las eras geológicas; se desplazaron grandes masas de tierra; cambió la geografía de los océanos; la atmósfera se impregnó de oxígeno; se elevaron las tempe-



raturas y volvieron a descender y volvieron a subir varias veces; pero con toda su aparente fragilidad, la vida ha persistido y ha prosperado. Cubrió la tierra y el espacio aéreo; palpita en lo más profundo de los océanos y trepa hasta las montañas más altas.

El inicio de la vida está envuelto todavía en el misterio. Quizá tardemos aún en descubrir cómo fue el origen; pero quizá el mayor secreto no sea el comienzo sino su increíble tenacidad. Esta persistencia y supervivencia del principio vital, su crecimiento y dominio son cualidades tan grandes como su nacimiento, y de ellos comenzamos a saber ya algo.



Los procesos que originaron la vida y que continúan manteniéndola comenzaron cuando la tierra recién formada se enfrió lo suficiente para que se condensara el agua contenida durante mucho tiempo como vapor. Entonces enormes aguaceros y tormentas eléctricas empezaron a inundar el globo, humeante aún y a lavar la atmósfera una y otra vez sin cesar, quitándole billones de toneladas de compuestos químicos que se habían formado en ella, precipitándolos en los nuevos océanos.

Luego vino una era de grandes batallas de supervivencia de los más aptos. No de seres vivos (no había ninguno aún), sino de moléculas de sustancias de complejidad creciente que acabarían formando

parte de los posteriores seres vivientes. Fueron a parar a los océanos miles de azúcares diferentes, cientos de alcoholes, aldehídos distintos y formaron algo que se ha dado en llamar "caldo primitivo". Las moléculas que sobrevivieron en este líquido lo consiguieron gracias a la estabilidad de formación, al número y tipo de átomos que las constituían y a las afinidades químicas que unían a esos átomos. Estas luchas por la supervivencia fueron tan implacables como cualquiera que se haya tenido desde entonces; sólo los más estables y aptos triunfaron. Por esta razón, los procesos químicos que ocurren en nuestro organismo

son los mejores compuestos que la naturaleza fue capaz de formar, como los compuestos de las rutas metabólicas, los azúcares y las grasas que almacenan energía, los aminoácidos que construyen las proteínas, los fosfatos que forman membranas celulares, etcétera.

Tenemos pues, dentro de nosotros a los triunfadores de una batalla constante por la supervivencia que ha durado 3 000 millones de años.

Pero para vivir se tenía que proteger, se tenía que defender todo lo que se había ya ganado.

El primer ejemplo de ésta relación debe ser la formación de membranas. Con tal adelanto surgió una manera clara de separar algo exterior de lo interior.

Las moléculas y enzimas que habrían evolucionado en el mar abierto se cerraron. De pronto los antiguos mares se mantuvieron mediante el aparente recurso sencillo de separar minúsculas porciones de agua de mar y guardarlas dentro de las membranas, los contenidos quedaron aislados, de una vez por todas, de las cambiantes concentraciones de sales, de la creciente cantidad de minerales y del grado de acidez o alcalinidad, así como del lodo arrastrado de los continentes.

Pasarían los periodos glaciales, cambiaría el contenido de los mares, hasta el aire cambiaría, y todavía los mares prímigenios, dentro de las membranas, seguirían manteniéndose constantes, permitiendo a la vida desarrollarse en un medio al cual sus partes ya estaban bien adaptadas.

Una vez que la química de la vida quedó firmemente protegida, comenzó la evolución: el desarrollo de los seres vivientes. Surgieron las necesidades de alimento y mantenimiento. Prosperaría la célula capaz de utilizar mejor las fuentes de energía, y al hacerlo dominaría a otras menos eficientes. Hasta que la última y única fuente alimenticia lo suficientemente rica y nutritiva para sustentar la vida estaba dentro de las mismas células, y por lo tanto la evolución tomó un giro violento. Especies enteras devoraron a las que estuvieron cerca, luego a su vez también fueron comidas. Los organismos que sobrevivieron debieron el triunfo no sólo a la diferencia en su metabolismo de mayor capacidad de aprovechar los alimentos disponibles, sino también a su agresividad y a sus defensas corporales. Los más rápidos se salvaron mientras morían los más lentos; continuaron existiendo los que no se podían despedazar por ser demasiado viscosos; y los que se defendían con sustancias que para otros eran venenos. Así, las batallas se iniciaron en el mar primi-

genio, cuando las primeras células se volvieron contra sus semejantes, y jamás han cesado. Por más que nos jactemos de dominio y grandeza, por los frágiles éxitos humanos, la verdadera pelea se ha llevado siempre con adversarios microscópicos, nunca de más de algunas micras de diámetro.



*

Si observamos a nuestro alrededor y examinamos las enfermedades de otros seres vivientes, comprenderemos mejor la importancia de las fuerzas que requerimos para sobrevivir. Por ejemplo las bacterias, los hongos y los virus atacan a las plantas lo mismo que a los animales y el hombre. Pero las enfermedades de los vegetales son, por lo general, procesos localizados. La falta de una circulación, propiamente dicha, impide que el contagio se extienda rápidamente de un lugar a otro.

Los seres humanos no tenemos esa ventaja. La sangre del organismo circula una vez completa cada 13 segundos. Así en una hora, pasan por el cerebro y los riñones alrededor de 60 litros, y vuelven al corazón a la misma velocidad.

Esos enormes volúmenes nos permiten hacer gran ejercicio por que hacen llegar las suficientes cantidades de oxígeno y azúcares a los brazos y piernas para que nuestros músculos continúen moviéndose aun después de haber transcurrido horas de extenuante actividad.

Pero todo tiene un precio, y tanta energía y agilidad la podemos pagar muy cara. Alguna bacteria que entrara por la herida de un dedo llega al cerebro en un poco más de cuatro segundos; un neumococo de los pulmones puede alcanzar los huesos de los brazos en sólo tres segundos.

Para asegurar una protección adecuada, cuando se posee un sistema circulatorio como el nuestro, los elementos son tantos y tan abrumadores, que aturde el sólo pensar en ellos. Sin embargo, es de asombrarse, pero contamos con esa protección. Todo esto es el resumen de incontables milenios de refinadas reacciones químicas: es por un grupo de protectores químicos y de destructores de microbios y toxinas, tan rápidos e implacables, que podemos sobrevivir, aun con nuestro tamaño, nuestro sistema circulatorio y todos nuestros errores, vicios, excesos y desaciertos.



*

En seres sencillos como la lombriz de tierra encontramos una circulación primitiva, y en ella una clase de célula aún más primitiva. Con el microscopio podemos verla moverse lentamente por el cuerpo de la lombriz buscando sin cesar desechos de las células e ingiriéndolas. Estas primitivas células actúan como un sistema interno de recolección de basura. Pero también cumplen otra función: atacan todo ser extraño o bacteria que encuentran y persisten en su empeño hasta que alguno de los adversarios muere.

Los descendientes de estas células primitivas que nosotros hemos heredado, se llaman glóbulos blancos, leucocitos o granulocitos. Elie Metchnikoff fue el primero en observarlos y describirlos cuando trabajaba en el laboratorio de Luis Pasteur.



Tras evolucionar millones de años junto con nosotros, los granulocitos se han vuelto más agresivos y móviles, han adquirido todo un arsenal de sus propios venenos e inhibidores químicos antibacterianos. Ahora pueden destruir bacterias con mayor rapidez, y además avanzan hacia los microbios en vez de esperar a que estos se acerquen: "pueden presentir" dónde y en qué lugar se encuentra el enemigo para hacerle frente. Disponemos de varios miles de millones de ellos.

Estos glóbulos blancos, así como una variedad más especializada, los macrófagos, se producen en la médula de los huesos; allí maduran y luego entran al torrente sanguíneo, dispuestos a la pelea. Algunos "patrullan" los vasos, pero el resto está disponible para el caso de un ataque.

Un individuo humano que pese unos 70 kilos tendrá alrededor de 126 000 millones de granulocitos y macrófagos. El organismo puede ponerlos a todos en circulación mediante una orden, y en ocasiones todos son necesarios.

En un experimento sencillo se puede visualizar la actitud de dichas células: Si tomamos una jeringa y extraemos del brazo 10 centímetros cúbicos de sangre, separamos los granulocitos y los ponemos en un recipiente pequeño lleno de solución salina, se moverán sin rumbo fijo; bajo el microscopio se observan como pequeñas amibas, navegan tranquilas. Pero si se agrega una sola bacteria, una sola, al líquido, la escena cambia; los granulocitos como liebres puestas en sobreaviso, detienen de pronto su movimiento, pareciera que se vuelven más cautelosos y vacilantes y pareciera que adquieren cierto nerviosismo, van y vienen, como si adivinaran algo; de pronto, en forma casi inexplicable, uno tras otro, avanzan en forma lenta pero segura en dirección a la bacteria.

En el cuerpo, este movimiento lleva a los granulocitos de los vasos al sitio de la infección. Es la preparación de un asalto que efectuará un ejército de 126 000 millones de soldados. Este sonar interno es tan eficaz que unos minutos después de empezar una infección, los primeros granulocitos se encuentran en el sitio de la infección atacando a las bacterias, la batalla es tan fuerte y gastan tanta energía que sólo pelearán muy poco tiempo. Pero ya para entonces llegan sus hermanos mayores, los macrófagos (literalmente

su nombre significa: grandes devoradores), parecidos a los granulocitos pero con mayor cantidad de enzimas mortales, más resistencia, membranas más gruesas y mecanismos internos de más capacidad y tamaño. Cuando los macrófagos se establecen en la zona infectada y se hacen cargo del ataque, los granulocitos se retiran y los dejan luchar solos. En realidad estos son hechos que causan admiración.

Se podría tomar una gota de pus y, con ayuda del microscopio se verá a estos glóbulos blancos apoderarse de las bacterias y sujetarlas vaciando en ellas sus gránulos llenos de enzimas destructoras. Los microbios se retuercen, poco a poco dejan de moverse, y finalmente comienzan a desintegrarse.



Cuando ha pasado la infección, se podrían observar algunos de estos glóbulos blancos maltrechos y cansados, de nuevo en la circulación con trozos de membranas celulares de sus enemigos, ahora sus víctimas, dentro de ellos, para continuar su patrullaje y dispuestos para la próxima batalla.

En el sistema inmunológico del organismo, los granulocitos y macrófagos de la circulación sanguínea son sólo una parte de todo este gran sistema.

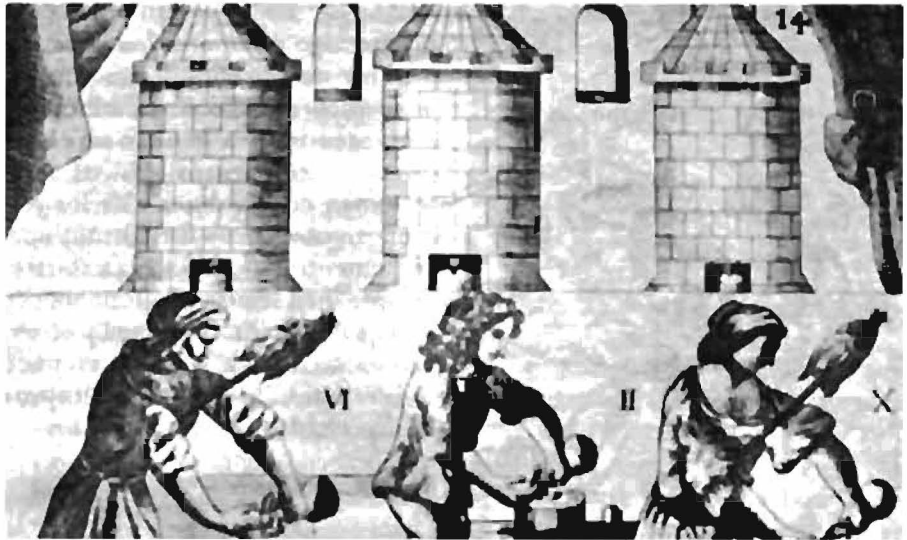
En realidad, si ellos, los glóbulos

blancos, fueran toda nuestra protección, no podríamos sobrevivir mucho tiempo; sabemos que los niños con deficiencia inmunológica tienen todos los granulocitos que necesitan, y sin embargo, mueren en unos meses a consecuencia de las infecciones.

Los granulocitos, actuando solos, no son lo suficientemente rápidos; ya que cuando se trata de una infección, unos cuantos minutos son demasiado tiempo. La bacteria, una vez que atraviesa la piel y llega a la circulación irá ya rumbo a los pulmones y al cerebro antes que el primer granulocito le diera alcance. Necesitamos algo más, y lo tenemos: la segunda parte de nuestro sistema de defensa está formada por unas proteínas especializadas conocidas como inmunoglobulinas o anticuerpos.

Apenas en un tiempo relativamente reciente se han estudiado a estos anticuerpos y se sabe que como proteínas que son, poseen la capacidad de envolver estrechamente a casi toda sustancia extraña al organismo.

Hasta ahora ignoramos cuándo una célula utilizó por primera vez sus proteínas para que se unieran a la superficie de otra diferente. Podría ser en el momento en que existieron los primeros vertebrados, en el periodo paleozóico, de la clase Agnatha (en griego significa "sin mandíbula") que ya tenían vértebras y armazón interno, pero que carecían de mandíbulas. El representante moderno es la lamprea, que en lugar de mandíbulas, tiene una serie de ventosas colocadas en hilera en una boca redonda. Puede adherirse a algún pez, roer su piel y devorar su interior. En algún momento alguna proteína cambió su estructura y comenzó a adherirse a todas las partículas extrañas que entraban a estos animales. Así el granulocito antiguo consiguió ayuda. Las lampreas y los ciclostomos han persistido todavía sin cambios en casi 400 millones de años. Podemos llevarlos



al laboratorio y descubrir en ellos el inicio de nuestro sistema de defensa inmunológico. Se sabe que si se les injertara un pedazo de piel de un individuo de otra especie a uno de estos peces, rechazará el injerto igual que nosotros lo hacemos; pero mientras nosotros lo hacemos en unas horas, en ellos el proceso lleva semanas o meses.

Nuestro organismo, a diferencia que los peces ciclóstomos, no sólo fabrica una clase de anticuerpos, sino cinco. De estos cinco tipos de inmunoglobulinas (Ig), tres son las más importantes: la IgA, la IgG, y la IgM.

La piel constituye una barrera de gran efectividad contra las infecciones, de hecho, mientras no se lesiona la piel, es difícil que se produzca una infección. Pero otras capas protectoras no son tan impenetrables, como las membranas mucosas de los labios, la suave conjuntiva de los ojos, el interior de la nariz, la mucosa de la boca, garganta y el estómago. Para evitar la entrada de microorganismos por estas superficies tibias, húmedas y además abiertas, el organismo perfeccionado por la evolución, las recubre con IgA. Las inmunoglobulinas "A" atacan cualquier microbio y le cierran el paso para que no entre a la corriente sanguínea o a zonas más profundas.

Pero es posible cortar la piel y atravesar las membranas y escapar del ataque del anticuerpo A. De los miles de estreptococos capaces de atacar la garganta muchos pueden entrar a la circulación, esto es en realidad muy común, por lo tanto la evolución ha impulsado al organismo a fabricar otro anticuerpo el IgG y otros más como el IgM. Ambos están presentes en la sangre.

Hay células de nuestro organismo que fabrican anticuerpos en respuesta a ciertas señales que los microbios tienen en su superficie, por las cuales éstas células saben que se trata de "extraños". Las señales son parte de la estructura o configuración de las moléculas de las membranas de los invasores, o la composición de sustancias tóxicas. La disposición de esas moléculas es distinta de la que presentan las membranas de nuestras células y las sustancias que fabrica nuestro organismo para su propio aprovechamiento. A estas señales o marcas se les da el nombre de "antígenos" y los anticuerpos se producen para oponerse a los antígenos de la superficie de un cuerpo extraño o de las toxinas presentes. Llama la atención el que las células productoras de anticuerpos no sólo reconocen lo que les pertenece, sino que también lo que les es extraño o lo que no es suyo.



*

Nuestro organismo nunca agrade, está condenado sólo a reaccionar, debe tener ya dentro de sí a los microbios o venenos para comenzar a fabricar los anticuerpos apropiados. Esta es la gran debilidad de todo el sistema de anticuerpos. Así el cuerpo está siempre en desventaja; siempre atrasado al principio, debe reunir sus fuerzas y perseguir a un invasor que ya ha entrado en él. Y el hecho de que sobrevivimos es una prueba de la eficacia del contrataque lanzado por nuestras defensas inmunitarias.

Esencialmente, la acción de los anticuerpos es relativamente sencilla. Una vez que el invasor atraviesa las defensas exteriores del organismo, los anticuerpos que han sido fabricados para combatirlos se unen a los antígenos que están en su superficie. Cada anticuerpo se acomoda en un antígeno, aferrándose a la bacteria o el virus; es increíblemente pequeño, no mayor de una centésima de una bacteria, pero se adhiere al antígeno como el musgo a la corteza del árbol, y eso es lo que basta.

Si la sustancia extraña es venenosa, el anticuerpo puede neutralizarla uniéndose al antígeno y entonces la toxina circula inofensi-

va. Si se trata de un microbio, ocurre algo diferente: los anticuerpos no dañan ellos mismos a los microbios, pero, una vez adheridos a sus membranas, desatan una serie de acontecimientos físicos que terminan con la muerte de los gérmenes patógenos. En formas aparentemente inocentes a la catástrofe que han causado, permanecen en la superficie microbiana y observan en silencio, al parecer, un poco indiferentes, la gran revuelta que se desencadena en torno a ellos.



*

Un tercer elemento hace su aparición, quizá el más importante de nuestro sistema inmunológico: un grupo de proteínas fabricadas en el hígado que entran en la circulación en grandes cantidades. A estas en conjunto se les ha dado un extraño nombre de "Complemento", y se designan con las letras C^1 , C^2 , C^3 , . . . hasta llegar al C^9 que es el componente final.

Hemos mencionado ya la increíble tenacidad de la vida como una poderosa fuerza de la naturaleza. Ahora, si tratáramos de exterminar a todas las cucarachas de la cocina, a todos los mosquitos del jardín o el moho de una alacena comprobaríamos qué difícil es destruir al cien por ciento de cualquier grupo de seres vivos. Sin embargo, eso es precisamente lo que exigimos al organismo. Para realizar tan ex-

traordinaria hazaña aprovecha una característica vital, tan fundamental que sin ella no habría vida: la necesidad que tiene la célula de mantener su interior separado del exterior, con diferente concentración y composición dentro y fuera de ella.

A medida que la evolución fue progresando, el medio interno de las células se fue concentrando más que el líquido que las rodea. En algún momento la concentración de materiales dentro de estas células debió ser tan denso que el agua comenzó a entrar en ellas fluyendo, como siempre lo hace, del medio menos concentrado al que tiene mayor concentración de materia disuelta (fenómeno conocido por el nombre de ósmosis). Las células se hincharon, y sus estructuras internas recién desarrolladas empezaron a separarse, a flotar alejándose unas de otras. Durante millones de años así fue el comportamiento de estas entidades; esto siguió así hasta que una o más células, esforzándose en superar a las vecinas, perfeccionaron en sus proteínas que forman a las membranas a una de estas estructuras para que bombeara químicamente a determinadas sales para bajar y controlar la concentración de sustancias disueltas en el interior y así, en consecuencia, desechar el exceso de líquido que pudiera haber entrado. Esta ventaja producida por la evolución fue tan grande, que gradualmente las células que no se protegieron con una costra rígida o pared celular, comenzaron a formar una bomba o sistema de bombeo similar en sus membranas exteriores ya que les era indispensable para sobrevivir aun en diferentes medios exteriores.

Actualmente, esta situación inicial de la creciente concentración de materia dentro de las células no solo perdura sino que en ocasiones es aún más crítica. Cada célula moderna es tan avanzada y refinada, posee tantas estructuras



especializadas, que siempre el interior está más denso que cualquier líquido extracelular. Tan grande es la diferencia de concentración que, si la bomba de la membrana falla o si muere la célula, el líquido penetra en ella; entonces se hincha y, como un globo sobrellenado, estalla. Lo mismo si ocurre un accidente, un golpe, la superficie celular se perfora o rompe. Así, para cualquier célula, la igualdad de concentración en el interior con la del exterior significa la muerte.

Fue este hecho físico, la diferencia de concentración de materia en el interior y el exterior de todas las células, el que aprovechó nuestro organismo para protegerse. La naturaleza sólo debía crear el arma apropiada, y quien la tuviera quedaría perfectamente armado.

Las proteínas del sistema complemento son realmente esta arma, y la tenemos dentro, para recibir la orden a detonar cuando sea necesario; siempre preparada.

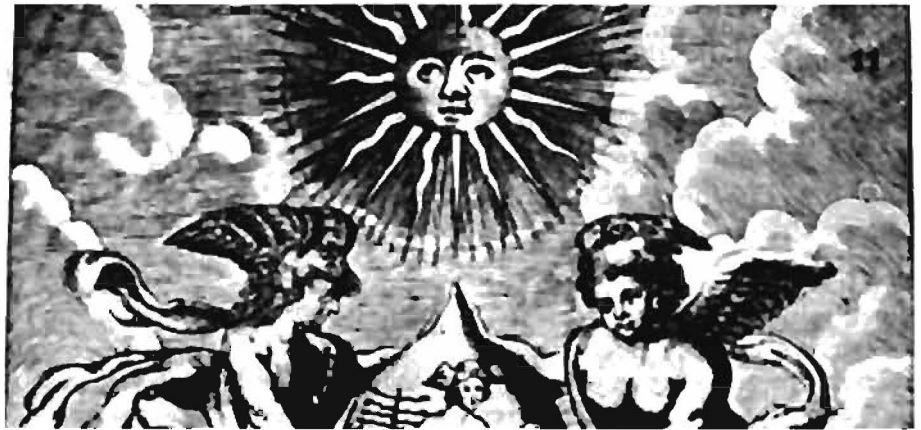
Una vez activado el sistema complemento, lo mismo que cualquier arma o explosivo, es tan ciego como potente, y si se enciende la mecha, podría perforar cualquier célula, amiga o enemiga; ya sea una bacteria o la pared de los riñones, del corazón, o los vasos sanguíneos. Como a toda arma es necesario saberla gobernar para que cumpla con su cometido. La naturaleza, para asegurarse de que actuara donde debía, dio un nuevo paso evolutivo, lo cual consiguió con ayuda de los anticuerpos.

En la actualidad no sabemos exactamente como ocurre, pero parece ser que el anticuerpo cambia de forma cuando se une físicamente con el antígeno en la superficie de un microorganismo. Esta modificación morfológica forma una zona especial en alguna parte determinada del anticuerpo, y el nuevo sitio activa al C^1 , el primero de los complementos de la circulación. Lo único que hace éste es combinarse con el anticuerpo que ya está en la superficie del microbio. Con este acoplamiento también hay un cambio de forma. Se abre un nuevo sitio de unión, y el segundo componente C^2 , que circula con la sangre, se fija en este sentido. El proceso continúa, los demás componentes se van uniendo también. Ninguno puede ser activado, aún, hasta que el componente anterior lo haya sido a su vez. Por último al activarse la novena proteína del sistema "complemento", se abre violentamente un orificio en la membrana celular de la bacteria. Todo esto, debe suceder en décimas de segundo, mucho antes de que el microbio pueda dividirse, o escapar.

los huesos; las células plasmáticas fabrican los anticuerpos; el complemento y otra sustancia llamada properdina, se producen en el hígado. Entonces, si todos estos elementos provienen de partes tan diferentes ¿cómo es, entonces, que están relacionados (como en realidad lo están)?

La respuesta a la pregunta fue dada con el descubrimiento del sistema linfático, formado por los ganglios linfáticos. Los ganglios linfáticos están distribuidos por el cuerpo, muy cerca de todos los miembros y de toda la superficie corporal, alojando un "sistema inmunógeno" compuesto por dos colonias de células de la linfa, llamados linfocitos. Ellos ejercen el control principal, y su desarrollo y aventura de ir y venir desde su lugar de origen en los ganglios linfáticos es un hecho, en verdad sorprendente, de la naturaleza.

Si pudiéramos extraer un poco de sangre de una vena del brazo y marcar radiactivamente los linfocitos y los volvieramos a inyectar, éstos comenzarían a ascender por el brazo, entrarían en la vena cava superior (el gran conducto por el



*

Haciendo un pequeño resumen, antes de continuar: las diferentes partes del sistema inmunógeno se fueron descubriendo aisladas e independientemente, junto con su procedencia: los leucocitos y macrófagos se forman en la médula de

que pasa toda la sangre de la mitad superior del cuerpo) y de allí irían al corazón, bombeados por este órgano. Todavía dentro de él, dando tumbos, pasan por sus válvulas y, como barriles arrojados a una cascada, caen a la turbulenta corriente de la aorta, pasando así a las arterias medianas y, des-

pués, lentamente llegarán a los capilares de los tejidos. Ya en los tejidos, los linfocitos, salen, de algún modo, de los vasos sanguíneos y entran en los órganos; pasan entre las células de los riñones, del hígado, de los músculos de las manos y de los dedos, de la grasa del abdomen o de las piernas. . . Después penetran a los vasos linfáticos más próximos y regresan al ganglio más cercano, lo atraviesan, dejando ahí a otros linfocitos que ya estaban allí y no circulan, y así siguen nuevamente a las venas para volver al corazón.

Si marcáramos todos los linfocitos del organismo y tomáramos una radiografía del cuerpo entero, los veríamos brillar a través de la piel en cualquier parte, pues todo el cuerpo estaría lleno de pequeños puntos cintilantes.

¿Cuál es la razón de esta ruta con viajes redondos interminables siempre hacia los ganglios linfáticos y, después, hacia, prácticamente, todos los puntos del cuerpo?

Nuevamente, la respuesta es la existencia de dos clases de linfocitos maduros. Unos se llaman Linfocitos T, y los otros Linfocitos B. En el ganglio linfático parece haber dos zonas, cada una alojando a cada clase de linfocitos de tipo B o T.

Si nos cortamos un dedo de la mano y penetran bacterias ya conocidas a través de la piel, se aferran a ellas los anticuerpos ya formados en algún ataque previo. Pero si se trata de una bacteria que nunca antes había estado dentro del cuerpo, en muy poco tiempo (en minutos y a veces en segundos) uno de los linfocitos circulantes toca al microorganismo y toma una impresión de la superficie del atacante y, actuando como mensajero, lleva rápidamente la información al ganglio linfático más próximo.

El ganglio linfático a manera de una caseta de supercarretera, recibe al "linfocito mensajero", que pasa a través del ganglio y va a la zona

de linfocitos B o de células T, confiado en su propia decisión para protegernos. Si toca a la célula B, la convierte inmediatamente en una Célula Plasmática.

Las células plasmáticas son grandes fábricas de proteínas, elaboran anticuerpos exactamente adaptados al antígeno de la información que trajo el linfocito circulante. En su paso por el ganglio linfático, el linfocito mensajero puede tocar, por separado, a miles de células B, estimulándolas a formar células plasmáticas que luego producirán miles de millones de anticuerpos específicos. Los anticuerpos, puestos en libertad se lanzarán a la zona afectada por la infección para realizar el contraataque.

Si los linfocitos mensajeros se dirigen a la zona de células T del ganglio en vez de hacerlo a la B, al tocar una célula T la transforma de célula inactiva en los llamados "Linfocitos Asesinos".



Al formarse los linfocitos asesinos, salen a la circulación sanguínea y atacan, no a los microbios, sino a la célula infectada sin ayuda de granulocitos, anticuerpos o complementos.

Conforme se iba comprendiendo el comportamiento de nuestro sistema inmunológico, comenzó a surgir, al principio, una vaga sospecha que poco a poco se fue confirmando: *todo nuestro gran*

sistema defensivo puede invertirse, de modo que se vuelva contra el mismo cuerpo. Hoy parece ser que algunas de las enfermedades más desconcertantes y graves son en realidad causadas por el sistema inmunológico, que actúa como si se hubiera vuelto loco y nos ataca como si fuéramos sus enemigos.



*

Para curar una enfermedad y no sólo tratarla, es necesario ayudar al organismo a que sane él mismo.

Realmente el cuerpo es el verdadero héroe, no la ciencia, ni los antibióticos ni las máquinas o los nuevos dispositivos. Es el organismo y no el pulmón de acero, el que cura enfermedades tan terribles como la poliomielitis, al fabricar anticuerpos contra la vacuna administrada oralmente. La penicilina y la estreptomocina podrán matar una buena parte de las bacterias de una herida infectada, pero es el organismo el que debe buscar y destruir hasta el último microbio patógeno.

También es el organismo el que debe encontrar la última célula cancerosa oculta que se libró de la radiación o de la quimioterapia, y exterminarla para que el enfermo pueda seguir viviendo.

La membrana celular que rodea a toda la célula, incluso las de nuestro cuerpo, es comparable a la caja de plástico del teléfono o cubierta

dura que protege los delicados circuitos internos. Algún día el mecanismo del teléfono puede hacer corto circuito, pero la caja sigue intacta.

En la naturaleza ocurre lo mismo. Se puede matar a una célula o destruir a una bacteria, haciendo que sus membranas perduren. Cuando las células mueren, la membrana exterior, puede verse al microscopio, parece una figura espectral que flota sin nada adentro.

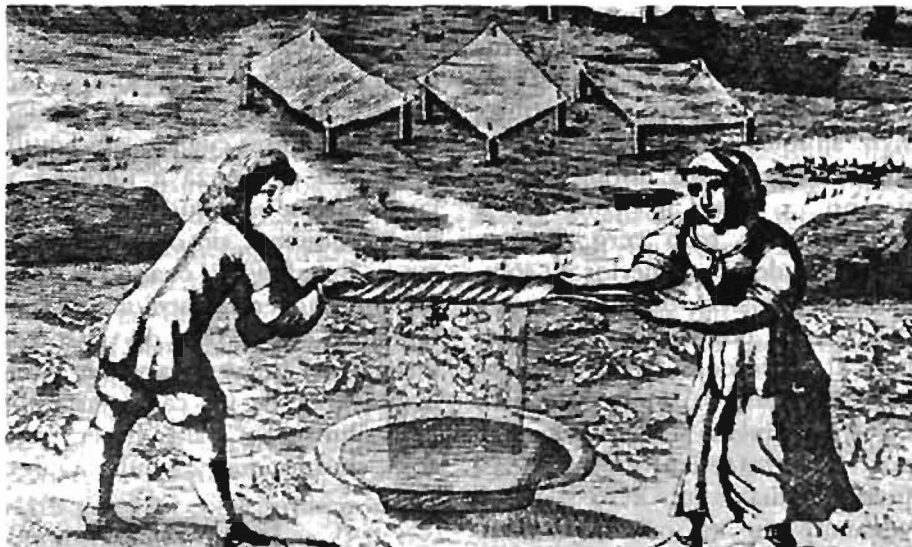
Si se inyectan capas celulares huecas de microbios muertos, el sistema inmunógeno del organismo las reconoce por lo que antes fueron y activa a todos sus mecanismos, como si estos restos extraños fueran todavía un ser vivo y muy peligroso.

El cuerpo responde sólo al contacto de las superficies, pero no tiene tiempo de averiguar si son parte de algo vivo o muerto; no puede arriesgarse esperando. A esto se debe que la inmunización dé resultados positivos: es el principio de la vacunación.

Cuando alguien se vacuna contra la viruela, la rubeola, las paperas, el tifo, la tifoidea o la tosferina, los microbios muertos o atenuados se inyectan directamente en el organismo. Aunque el microbio esté muerto, sus membranas celulares se conservan intactas estructuralmente, y el organismo responde a la inyección como si los microorganismos todavía fueran peligrosos. Fabrica anticuerpos, utiliza el complemento, estimula los linfocitos T y B, y lanza los glóbulos blancos contra un riesgo que no existe.

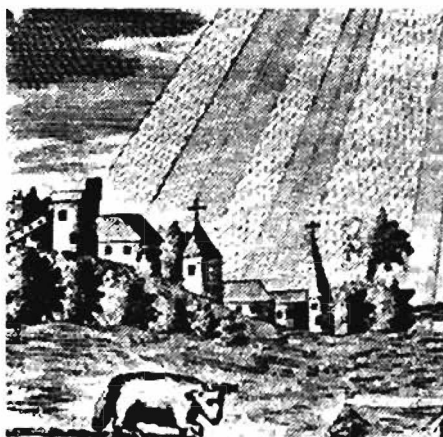
Al poco tiempo el pequeño número de microbios inofensivos queda destruido y eliminado, y el sistema inmunógeno descansa. Pero una vez estimulado, queda siempre en vigilancia.

Continúan circulando anticuerpos con características específicas para atacar a los organismos ya reconocidos, mientras que los lin-



focitos estimulados, provocados para reaccionar contra el microbio que se empleó en la inmunización, patrulla los vasos y aguardan al siguiente ataque en que se presenta la misma extraña membrana. Tal vez, la próxima ocasión atacarán en gran número microbios vivos que tratarán de producir la enfermedad.

Para entonces el cuerpo ya está en situación ventajosa. Por la inmunización previa podrá reconocer y luego destruir a los invasores antes de que logren establecerse.



*

Las pestes bacterianas fueron vencidas una por una, pero las enfermedades virales continuaron. Pasteur ya había utilizado métodos de vacunación como el de la rabia; Jenner, contra la viruela. Sin em-

bargo la poliomielitis seguía dejando niños paralíticos; la rubeola convertía a otros en seres deformes o afectados mentalmente; la fiebre amarilla arrasaba a comunidades.

No se podía hacer gran cosa, y tal como lo había logrado Pasteur con la rabia, trataban de fabricar vacunas con microbios muertos, exterminados con sustancias químicas o con calor. Pero esto no resultaba. Las inoculaciones prendían de inmediato, tan bien que producían la enfermedad mortal.

Cuando se lograron aislar los virus infecciosos, aun así, no se pudieron matar. Los ácidos, el calor o los venenos que destruían a las bacterias o los hongos no parecían afectar a éstos. Incluso, después de hervirlos o tratarlos con fenol seguían produciendo la enfermedad si se inyectaban como vacunas.

¿Qué son los virus? Extraídos del organismo y observados al microscopio, permanecen absolutamente inertes. Y sin embargo son evidentemente infecciosos, capaces de multiplicarse y de causar enfermedad si los volvemos a inyectar. Durante décadas se ha discutido si los virus son organismos vivos o muertos. Hoy hemos comprendido que son un estado intermedio. Fuera del cuerpo el virus no vive; es sólo una pequeña estructura cristalina. No consume

oxígeno, no se divide, no crece ni se mueve. Por ejemplo, el virus de la hepatitis cuando no está en el organismo humano puede sobrevivir aunque lo caliente hasta 60 grados centígrados durante algún tiempo, o que lo congelen a varios grados bajo cero. Resiste ácidos, podemos ponerlos en soluciones corrosivas de amoníaco y fenol, y, al colocarlo nuevamente bajo el microscopio electrónico, se quedará quieto, inalterado, sin mostrar ningún efecto causado por el tratamiento, como si fuera un diamante. Pero si lo inyectamos en un organismo vivo todavía logra causar la hepatitis.

Surge una nueva área de investigación cuando se descubre que los virus prosperaban en un huevo de gallina fertilizado; y cuando otros investigadores lograron hacer crecer un tejido animal fuera del organismo en varios medios de cultivo y así cultivar, también, a los virus sobre estos medios. Con estos grandes adelantos, a los virus se les ataca en cierto periodo en que demuestran actividad de vida, y así se mata, o inactiva, o se cultiva durante varias generaciones hasta que se le atenúa o se le hace perder su actividad infecciosa.

Fue vencida la poliomiелitis, el sarampión, la rubeola y las paperas, y pronto la varicela.

Pero todos los esfuerzos, la sabiduría, el trabajo de investigadores entre los que se puede enlistar a Pasteur, Jenner, Goodpasture, Enders, Salk, Sabin, Weller o Robbins, no pudieron quitar de la tierra las esporas del tétanos, ni los virus de la poliomiелitis o el sarampión. Sus descubrimientos no evitan que la rubeola trate de infectar a mujeres embarazadas, ni que la difteria ataque la garganta de los niños, ni que el agua esté libre de la poliomiелitis. Cada una de estas enfermedades está todavía en el aire que nos rodea, en el agua que bebemos y en los alimentos, en espera del momento apropiado para atacar.

*

Cuando nuestro organismo se torna en contra de sí mismo, es algo desconcertante; cuando ese equilibrio vital comienza a perderse y las células se enloquecen, al punto de reproducirse sin objeto, sin oficio ni beneficio, o cuando el sistema inmunógeno reacciona violentamente en contra de nosotros mismos, el fin se deja venir, y, en la mayoría de los casos, estamos imposibilitados para hacer gran cosa, sino esperar y ayudar a nues-

tro cuerpo a que reaccione en la mejor forma posible.

El concepto de enfermedad autoinmune —como se llama— resulta en la actualidad un término imprescindible. Sabemos, por ejemplo, que la fiebre reumática es uno de estos grandes males. Comienza con una infección en la garganta causada por bacterias conocidas como estreptococos.

La fiebre reumática, afecta a las articulaciones y a las válvulas del corazón, produce erupciones en la piel, es resultado de una reacción



Departamento de Matemáticas del CINVESTAV

• Una planta de investigadores activos, enriquecida con doctorados mexicanos.
• Un ambiente estimulante para los estudiantes que han terminado la formación de un buen número de Maestrías y Doctoros en Ciencias.
• Una biblioteca especializada, en constante crecimiento.
• Un computador IBM/PC y acceso a otras computadoras del Centro.

Profesores y áreas de investigación

- J. Adams topología algebraica
- E. Artamonov topología algebraica
- L. Aubry topología algebraica
- D. Ceballos variedades complejas
- B. Collins topología algebraica
- L. González probabilidad
- E. González-Galván ecuaciones diferenciales parciales
- D. Hernández-Lemus dinámica espacial
- E. Itzkowitz topología algebraica
- G. Paster topología algebraica
- M. Paster variedades complejas
- E. Ramírez de Arce sistemas dinámicos complejos
- J.J. Rivlin análisis
- D. Rodríguez-Vázquez sistemas dinámicos complejos
- M. Topley geometría algebraica
- C. Vargas análisis numérico
- J.J. Vargas algebra
- J.J. Vargas álgebra C*
- A. Verjovsky sistemas dinámicos

maestría y doctorado en matemáticas

Antecedentes de admisión

- Para el Maestría se requiere tener licenciatura equivalente a una Licenciatura en Matemáticas.
• Para el doctorado se requiere tener un buen número de publicaciones científicas.
• Para el doctorado se requiere además de publicaciones científicas tener un buen número de conferencias.
• Para el doctorado se requiere además de publicaciones científicas tener un buen número de conferencias.
• El tiempo de admisión del nivel de maestría se basa en el número de publicaciones.

Becas

- Se otorgan becas a los estudiantes que ingresan al nivel del CINVESTAV y de sus instituciones.

Calendario

- Los programas de maestría y doctorado se imparten durante el semestre de agosto a junio.
• El tiempo de admisión del nivel de maestría se basa en el número de publicaciones.

Información
CINVESTAV-IPN, Unidad de Matemáticas
Carretera Antero Carrón y Prolongación de la Carretera
Antero Carrón, s/n
C.P. 70610
Tel. (52) 55 53 44 11 11, 55 53 44 11 12



Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

inmunógena dirigida contra los estreptococos de la faringe. Por alguna razón, las células T y B producidas contra la infección, confunden los músculos del corazón y las articulaciones del individuo con los invasores, y los atacan tan violentamente como a las bacterias.

Los investigadores creen que existe alguna semejanza antigénica (tal vez alguna lejana herencia evolutiva) entre los músculos del corazón y los estreptococos. Por eso los anticuerpos producidos contra las superficies microbianas se confunden y, atacando las membranas celulares de su propio organismo, dañan las articulaciones y el corazón, y después de causar parálisis, el individuo llega a la muerte.



*

Con la evolución surge el desarrollo de los seres vivos que comenzaron a mantener su continuidad y su diversidad hacia las generaciones futuras. Con la continuidad —la situación es llamativa, por el hecho de que se produjeron leyes que gobiernan generación tras generación, milenio tras milenio—, el que las células se reproduzcan a sí mismas exactamente y de la misma manera. Todo el archivo evolutivo de las células, fue “almacenado” en forma de sustancias químicas en una porción, que

por su importancia fue llamado “núcleo celular”. El núcleo celular está constituido por sustancias que contienen un código químico que gobierna las características de las células futuras. Estos factores son denominados actualmente “genes”, término que significa generar. Existen genes que determinan el color de las flores, o los que controlan las facciones características de los miembros de una familia.

Los genes están agrupados dentro de las estructuras conocidas como cromosomas.

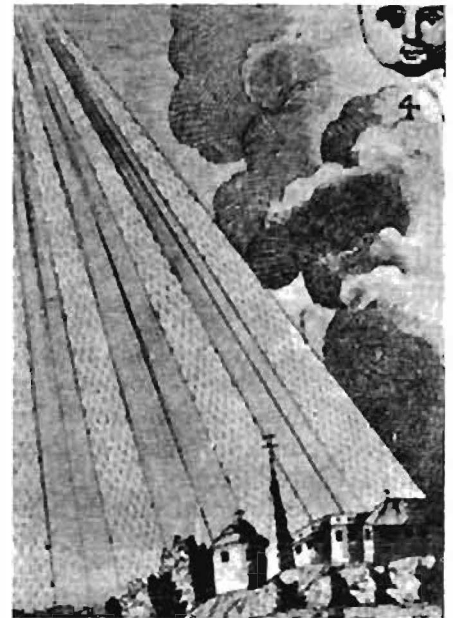
Un gen está constituido por dos componentes principales. Tal vez la mitad de él sea de naturaleza protéica, pero la otra mitad no lo es. Esta porción es ácida, conocida como Ácidos Nucléicos. Según como estén ordenadas las partes constitutivas del ácido nucleico será el “mensaje” que estará almacenado en dicha estructura y que dará las características genéticas de los individuos.

A medida que el peligro de las enfermedades infecciosas disminuye, aumenta la incidencia de otros tipos de enfermedades. Mucha gente, que hace un siglo hubiera muerto joven de tuberculosis o difteria, de pulmonía o tifus, hoy vive el tiempo suficiente para morir de dolencias cardíacas o de cáncer. De hecho, el cáncer ha sucedido a la peste o la viruela como plaga que azota al hombre. Es como la espada que pende sobre nosotros, dispuesta a caer sobre cualquiera sin previo aviso.

En realidad el cáncer constituye un grupo de muchas enfermedades (se conocen alrededor de trescientos tipos) que afectan de distintas formas a diversas partes del organismo. Pero la perturbación esencial consiste siempre en lo mismo: desorganización y crecimiento incontrolado de los tejidos afectados.

Los trastornos mentales, comúnmente conocidos como “locura” pueden ser causados por diversos factores, que van desde el hambre y la desnutrición,

hasta la tensión nerviosa constante, pasando por lesiones físicas, morales, acción de sustancias químicas, problemas sentimentales, etcétera. Así las células que constituyen un organismo pueden verse afectadas por diversos factores que les causen una “locura celular”, que traigan como consecuencia el crecimiento incontrolado de la población celular de un tejido.



El tamaño de un órgano y el número de células que contiene normalmente se conservan con valores más o menos constantes y óptimos gracias a los mecanismos de control que regulan la actividad de reproducción celular. Los factores químicos tienen los papeles más importantes en este panorama. El control general total depende del sistema compuesto por los factores de crecimiento e inhibición a nivel celular. Así, por ejemplo, células muy especializadas liberan factores inhibidores del crecimiento en número de células; a estas sustancias se les ha llamado Chalonas (del griego *Chalan*, hacer lento): ellas controlan el tamaño de algunos tejidos. Dentro de las células los ácidos nucleicos son, quizá, otro eslabón de la cadena de químicos que actúan sobre el control de la reproducción celular.

Los mecanismos de control están ajustados para permitir la reparación de muchos tejidos cuando se lesionan: la proliferación y restitución continua de las células de los tejidos que sufren un desgaste natural, como las células de la piel o la mucosa intestinal. Así como también la llamada "hiperplasia" de tejidos, o sea, el crecimiento de tejidos en respuesta a un aumento de las necesidades funcionales, como el caso de los músculos de un atleta.

El nombre cáncer (del latín, que significa "cangrejo") procede del hecho de que Hipócrates y Galeno suponían que la enfermedad hacía estragos a través de las venas enfermas, como las patas de un cangrejo.

"Tumor" (del latín "crecimiento") no es en forma alguna sinónimo de crecimiento canceroso; responde tanto a crecimientos inofensivos, como verrugas y lunares, como al cáncer mismo.

Cuando los mecanismos de control se vuelven deficientes y hay proliferación excesiva de células, que continúa en forma indefinida sin relación con el crecimiento o reparación normal de los tejidos, se tiene una "neoplasia" (significa, "nuevo crecimiento"), que origina una masa de tejido anormal o "neoplasma", también llamado tumor.

Suelen existir algunas formas de crecimiento anormalmente rápido que no se consideran como tumores neoplásicos. Son como consecuencia o respuestas a estímulos irritantes crónicos claramente definidos. Por ejemplo: la irritación prolongada o la infección crónica de las vías urinarias o respiratorias, o del estómago, pueden causar proliferación del tejido escamoso en forma excesiva. Estas proliferaciones desaparecen cuando se elimina la fuente de irritación crónica. Los crecimientos excesivos de tejidos, atribuidos claramente a una deficiencia metabólica o a una enfermedad hormonal



no se consideran neoplasia. Por ejemplo, la hipoxia o falta de oxígeno en el aire, aumenta considerablemente el ritmo de reproducción de glóbulos rojos de la sangre.

Los tumores se clasifican en dos tipos principales: benignos y malignos. Los tumores benignos proliferan localmente y están compuestos de células diferenciadas semejantes a las del tejido de donde provienen.

El borde del tumor es muy preciso. La presión sobre los tejidos vecinos suele hacer que reaccionen formando una cápsula fibrosa alrededor del tumor. Si lo observáramos al microscopio veríamos a muy pocas células dividiéndose. Un ejemplo típico de tumor benigno es el llamado, fibroma uterino, que forma una masa redonda en la pared del útero; puede permanecer ahí durante años sin causar efectos verdaderamente perjudiciales. Si se descubre, se puede eliminar fácilmente mediante cirugía. En algunas ocasiones pueden causar efectos mecánicos como obstrucciones o presiones viscerales o nerviosas.

Los tumores malignos no son capsulados, y sus bordes no son bien definidos: hay proyecciones de células del tumor que se extienden desde el "cuerpo" central a los tejidos vecinos como las patas de un cangrejo. Las células están menos bien diferenciadas que las que les dieron origen y muestran una gran actividad reproductiva. Se diseminan e invaden tejidos vecinos. Si llegaran a invadir vasos sanguíneos o linfáticos, las células son transportadas rápidamente a otras partes del cuerpo, pudiendo proliferar y formar tumores secundarios; o sea, fundar en otras regiones otros nuevos tumores. A este proceso se le conoce como "metástasis".



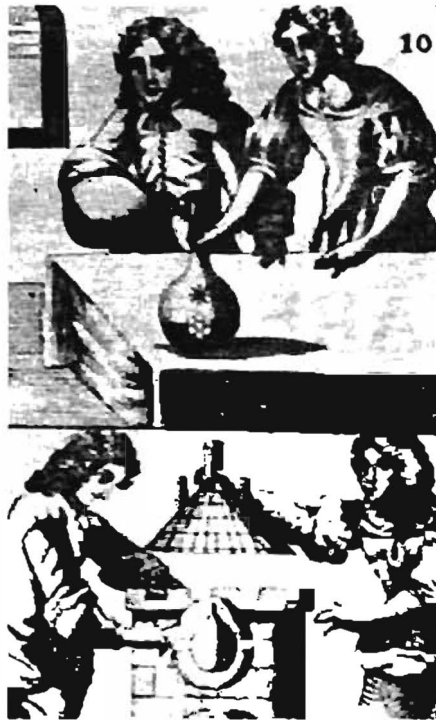


*

Mientras los linfocitos T pueden mantener a raya el crecimiento celular, el organismo puede defenderse, usando toda su fuerza inmunógena, evitando la temible metástasis. Incluso podemos ayudar a ganar tiempo, atacando al tumor con radiación y así matar a un buen tanto de células "locas", o extirparlas para que el número de células a controlar sea menor; pero siempre quien debe hacer el trabajo es el propio organismo. Tiene que reaccionar para evitar la proliferación de células que acaban de reproducirse y ya están nuevamente en división para generar a otras células que aunque todavía no maduran, ya están produciendo a otras más, que todavía no toman una forma o consistencia definida y continúan con la generación de otras y otras "células" más. . .

El cuerpo ha puesto a todo su sistema defensivo en acción, pero, obviamente, si se ha desarrollado un tumor, la respuesta inmune ha resultado inadecuada para combatirlo. Esto es evidente cuando se han usado sustancias llamadas Inmunosupresoras que (se aplican cuando hay necesidad de algún trasplante de órganos, o cuando hay un defecto hereditario de la

capacidad inmune) se acompañan de un índice mayor de tumores; y la frecuencia más alta de enfermedades neoplásicas en personas de edad avanzada puede deberse, en parte, a una insuficiencia gradual de la capacidad inmune. Se ha observado que el número de tumores malignos en garganta o abdomen es mayor en individuos a los que les fueron extirpadas las amígdalas o el apéndice. En estas operaciones se extirpó tejido linfoide. Por otra parte, se ha comprobado que la frecuencia de tumores es menor del promedio en personas que sufren algunos trastornos alérgicos crónicos, por ejemplo, asma alérgica, posiblemente porque entonces los mecanismos inmunes son estimulados continuamente.



*

Los minerales, vitaminas, enzimas y hormonas, son sustancias que, diseminadas por el organismo, deciden de forma tan poderosa la vida o la muerte de los tejidos del individuo. Son como un conmutador general que despierta una ciudad a la actividad, o como la

válvula reguladora que controla la maquinaria. Todas ellas, se encuentran en nuestro cuerpo en cantidades pequeñísimas, y se mantienen interrelacionadas de una manera tan exacta que el control entre ellas es finísimo. Cualquier aspecto que desequilibre esta relación, provoca un gran desequilibrio general en todo el organismo. Así, se pueden enlistar gran cantidad de factores que desencadenan la formación de tumores malignos, que van desde agentes físicos: luz ultravioleta, rayos X, o radiactividad; agentes químicos: humo de cigarro, gases derivados del petróleo, hollín, asbesto, metales, fertilizantes, etc.; o mecanismos hormonales: cuando hay trastornos glandulares, uso de anticonceptivos hormonales, obstrucción en el desarrollo de las glándulas, etc. Así, como consecuencia, todo esto, junto con las lesiones en el sistema inmunógeno, traen un desequilibrio generalizado en el finísimo mecanismo de la vida.

El cáncer es quizá la enfermedad más diseminada. Afecta a plantas y a todas las especies animales; a diferencia de las enfermedades que dependen de la acción directa de agentes exteriores como bacterias, venenos y lesiones. Es una enfermedad celular, en la cual una nueva raza de células alteradas se desarrolla como consecuencia de algún desequilibrio a nivel intracelular. Esta raza celular prolifera rápida, constantemente, y transmite su capacidad de multiplicación a sus descendientes, perpetuando de ese modo el estado anormal; incluso se diseminan e invaden otros tejidos y hasta órganos vitales. Si el tumor invade vasos sanguíneos o linfáticos, las células malignas son transportadas rápidamente, prácticamente a todo el organismo, con información genética de "locura celular". Invaden todo, llegando, incluso, a bloquear los mismos ganglios linfáticos donde reside la defensa; y con ello, como cuando el cuartel general es invadido y

los dirigentes son hechos prisioneros, la resistencia se ve anulada. Las células cancerosas crecen, invaden y destruyen el tejido normal hasta que finalmente acaban con la integridad del organismo y originan la muerte.



*

Durante los últimos años ha habido un gran avance en el conocimiento sobre reproducción celular y, por lo tanto, hay progresos fundamentales en el tratamiento de las enfermedades de tipo canceroso.

En el tratamiento del cáncer se han utilizado métodos que van desde la cirugía e irradiación para casos de tumores localizados, como ataque por sustancias químicas (quimioterapia) para tumores que hayan formado metástasis. Pero hasta ahora, estos métodos utilizados, principalmente la quimioterapia, producen resultados paliativos más que curativos, para cánceres generalizados.

Muchos de los medicamentos anticancerosos más potentes actúan en fases específicas del ciclo celular y por ello sólo son activos contra las células que se encuentran en proceso de división. Según esto, las células más susceptibles al trata-

miento químico son aquellas con un ritmo de reproducción alto, o sea, en etapa de división celular. Del mismo modo, los tejidos normales que proliferan rápidamente como la médula ósea, el pelo y el epitelio del intestino, están sujetos a daños por parte de estas potentes drogas. Así, los pacientes que son tratados con medicamentos anticancerosos se ven disminuidos en la producción de sus propias células sanguíneas al ser afectada la médula de los huesos, hay pérdida del pelo, y la absorción de los

nutrientes en el intestino es deficiente. Como resultado de un tratamiento quimioterápico, una persona ya atacada por el cáncer comienza a verse aún más demacrada por la desnutrición y la anemia; la falta de pelo, el vómito y el malestar general hacen que se convierta en un ser debilitado, inseguro, casi un fenómeno deforme ante los ojos de los que lo rodean. Su muerte ha sido sólo aplazada. Se puede decir que su vida "útil" ha sido prolongada gracias al tratamiento dado.

**CENTRO DE INVESTIGACION
Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEL IPN**

MAESTRIA EN CIENCIAS AREA MATEMATICA EDUCATIVA

OBJETIVO

Formar especialistas cuyo trabajo esté relacionado a la investigación sobre los problemas de la enseñanza—aprendizaje de las Matemáticas

La Maestría se ofrece en cinco áreas de investigación partiendo de un tronco común. El plan de estudios puede esquematizarse como sigue:

Áreas de Investigación

- Nivel Superior
- Nivel Medio Superior
- Niveles Básico y Medio Básico
- Nuevos Métodos de Enseñanza
- Teórico

El plan de estudios incluye un tronco común y una especialización en una de las áreas mencionadas.

REQUISITOS:

Aprobar el examen de admisión y:

- a) tener el 100% de los créditos de la licenciatura en Matemáticas o áreas afines, o
- b) tener el 100% de los créditos de Normal Superior en Matemáticas, o
- c) tener el 75% de los créditos de la licenciatura en Matemáticas o áreas afines y un año de experiencia docente en Matemáticas, o
- d) tener el 50% de los créditos de la licenciatura en Matemáticas o áreas afines y dos años de experiencia docente en Matemáticas.

Las solicitudes para el examen de admisión se reciben durante los meses de enero y julio para el primero y segundo semestres del año, respectivamente.

El examen de admisión se realiza durante la primera quincena de febrero para el primer semestre del año y durante la primera quincena de agosto para el segundo semestre del año.

INFORMES:
Instituto de Matemáticas
Carretera 257, Col. Narbonne
04530 México, D.F.
Teléfono 543 0770 y 543 0713