La primavera silenciosa de Rachel Carson

CHRISTOF MAUCH

Quizá ningún otro libro estadounidense haya causado tanto revuelo como *Primavera silenciosa* (Crítica, 2001 [1962]),[1] de Rachel Carson. Como un *tsunami*, hizo añicos los puntos de vista establecidos no solo en Estados Unidos, sino en todo el mundo. El mensaje del libro sobre la amenaza del abuso de pesticidas llegó a un público muy amplio; hay pruebas de que la llamada «revolución ecológica» fue causada en gran parte por la publicación del libro de Carson en 1962. *Primavera silenciosa* se convirtió en un *best-seller* inmediato y permaneció en la lista del *New York Times* durante 31 años. Varios años antes de que Paul Ehrlich (*The Population Bomb*, 1968) y Barry Commoner (*The Closing Circle*, 1971) predijeran la amenaza que suponían para la humanidad la superpoblación y la explotación de los recursos, *Primavera silenciosa* dio lugar a una nueva conciencia medioambiental y a una visión que se tradujo en acciones políticas tangibles. ¿De dónde vino su poder explosivo?

Una de las razones por las que los argumentos de Carson eran tan convincentes era su lenguaje, un lenguaje que consigue ser, en igual medida, suave e insistente. El primer capítulo, que describe un pueblo «en el corazón de América» afectado por «males misteriosos», marca el tono de todo el libro. Su estilo es tan claro como inquietantemente poético. Carson cautivó a sus lectores no solo recitando hechos, sino alertándoles sutilmente sobre las implicaciones de su análisis. No muchos científicos son capaces de presentar sus investigaciones de forma tan apasionante.

Una segunda razón del enorme éxito del libro son los feroces ataques que Carson soportó frente a la oposición de la poderosa industria de los

[1] Los fragmentos de *Primavera silenciosa*, de Rachel Carson, que seleccionamos para este número corresponden a la edición de 2001 de Editorial Crítica. Agradecemos a la editorial el permiso para su republicación.

Referentes

pesticidas y la «gran agricultura». El equilibrio de poder entre Carson y sus oponentes parecía tan desigual que invoca la historia bíblica de David y Goliat, o más bien (porque el género importa aquí) la historia menos conocida de Jael, la heroína cananea que dio caza al general Sísara. Enfrentarse al DDT requería mucho valor. Después de todo, hacía poco más de diez años que el científico suizo Paul Hermann Müller había recibido el Premio Nobel de Medicina por su descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT; la respuesta de la comunidad científica había sido abrumadoramente positiva. Además, el mundo de la ciencia en la América de los sesenta era casi exclusivamente masculino, y el hecho de que una bióloga desafiara las opiniones establecidas confería a la disputa una cualidad muy peculiar. No es de extrañar que los críticos masculinos de Carson utilizaran el género para denunciar sus hallazgos. «¿Por qué una solterona estaba tan preocupada por la genética?», es lo que le preguntó el secretario de Agricultura Ezra Taft Benson al presidente Eisenhower en una conversación privada. Otros identificaron a las mujeres con la irracionalidad (y a los hombres con la racionalidad), utilizando frases despectivas como «histérica» y «emocional» o «amante de los pájaros y los conejitos» para menospreciar a Rachel Carson. El enfrentamiento entre Carson y sus oponentes alcanzó su punto álgido en un especial en horario de máxima audiencia de la CBS en abril de 1963. Robert White-Stevens, químico representante de la American Cyanamid Company atacó a Carson afirmando que su visión del mundo llevaría a los humanos de vuelta a la «edad oscura». Sin embargo, al final de la emisión, los telespectadores de todo Estados Unidos se pusieron de parte de Carson, que, tranquila y serena, parecía personificar la voz de la razón. Un par de semanas después, el Comité Asesor Científico del presidente Kennedy pidió que se pusiera fin al uso de pesticidas en Estados Unidos.

Una tercera razón que nos ayuda a comprender el impacto de *Primavera Silenciosa* es el clima cultural y político de principios de los años sesenta. El libro de Carson apareció en plena Guerra Fría, poco después de la construcción del Muro de Berlín y solo un mes antes de la crisis de los misiles de Cuba. La amenaza de la lluvia radiactiva creaba ansiedad en Estados Unidos y más allá. Futuristas como Hermann Kahn imaginaron «lo impensable», la brutal realidad de un mundo contaminado. Novelas y películas apocalípticas como *En la playa*, de Nevil Shute, contribuyeron a profundizar en el tema de los venenos que podían acumularse en los tejidos corporales y afectar a la salud de animales y seres humanos. Además, los trabajos del crítico social Vance Packard sobre las fuerzas manipuladoras de la publicidad excesiva (Carson menciona el trabajo de Packard) habían socavado la

confianza en la autoridad. Carson supo aprovechar la ansiedad y el escepticismo del público estadounidense para dirigir a sus lectores hacia su propio concepto de la vulnerabilidad y el riesgo humanos.

Primavera silenciosa es un libro muy estadounidense, que utiliza casi exclusivamente ejemplos estadounidenses. Y, sin embargo, el libro se tradujo a dos docenas de idiomas y tuvo repercusión en muchos países de todo el mundo. En Gran Bretaña, la Cámara de los Lores celebró una sesión sin precedentes de cinco horas sobre *Primavera Silenciosa*. En Suecia, la palabra «biocida» entró en el lenguaje como resultado directo de la publicación de *Primavera Silenciosa*. Y en Cuba, Fidel Castro lanzó una serie de libros, Ediciones Revolucionarias, que incluía los libros más importantes para la educación universitaria. *Primavera silenciosa* se convirtió en el primer volumen de la colección. El libro de Carson fue tan polémico en el extranjero como en su propio país. Científicos y políticos instrumentalizaron el mensaje para sus propios fines. Los europeos del Este denunciaron los problemas de los pesticidas como consecuencia y síntoma del capitalismo, y algunos europeos occidentales, sobre todo en España e Irlanda, afirmaron que el uso excesivo de insecticidas se limitaba a la agroindustria estadounidense y no se aplicaba a su propio país. Está claro que la reacción inmediata a *Primavera Silenciosa* en la década de los sesenta fue a gran escala. Pero ¿cómo explicar que el libro siga resonando entre los lectores –incluso en países como Turquía y China, muy alejados de Estados Unidos– cincuenta años después de su publicación?

Quizá porque Rachel Carson es tanto una profeta como una escritora o una científica; una *poeta vates*, como la llamaban los romanos, una escritora creativa con la energía y la inspiración necesarias para imaginar el futuro. Resulta revelador que dedicara su libro a Albert Schweizer y a su ominoso lamento de que «el hombre ha perdido la capacidad de prever y prevenir».

De hecho, la forma en que Carson estructura sus argumentos recuerda a la profecía bíblica: presenta un problema, identifica las causas, ofrece ejemplos ilustrativos y termina con una exhortación a evitar futuras calamidades. Sus advertencias son vívidas y universales. Dado que la idílica ciudad que aparece en las primeras páginas de su libro es ficticia, podría ocurrir en cualquier lugar y en cualquier momento. Cuando leemos hoy el libro de Carson, no se trata solo del DDT: es la historia de todo lo que ha surgido de las pistolas pulverizadoras; más en general, se trata de los «asaltos del ser humano al mundo natural».

A diferencia de George Perkins Marsh, cuyo magistral *El hombre y la naturaleza* se publicó un siglo antes, Carson no consideraba que la naturaleza y el ser humano estuvieran separados. Para ella, el ser humano y su entorno formaban un delicado sistema de organismos vivos. Algunas de las fotos más famosas de Rachel Carson la muestran inclinada sobre un microscopio; otras, en la playa o en el bosque con unos prismáticos. Esta capacidad de moverse entre lo microscópico y lo macroscópico –de los átomos manipulados a los granjeros tejanos, del huevo al reptil, del pez al pájaro, de la flor al alimento, de la tierra al agua y al aire– es lo que caracteriza muchas de las observaciones de Carson. Su visión del mundo es la de un sistema orgánico complejo, una visión global y dinámica que podríamos llamar ecoscópica, en la que todo está conectado con todo lo demás. Puede que otros científicos tuvieran puntos de vista similares. Pero nadie más reveló el papel del ser humano en la manipulación de la naturaleza de una forma tan poderosa. Nadie más mostró con tanta claridad que la composición de las sustancias químicas «en los tejidos del nonato», el destino de las generaciones futuras, y de la humanidad en su conjunto, está en manos de quienes tienen hoy la autoridad para definir el riesgo. [...]

Rachel Carson encarna algo así como la conciencia ecológica de la humanidad en los siglos XX y XXI. Carson no era una activista. Pero sus palabras silenciosas y perseverantes funcionaron como un poderoso antídoto alentador contra la arrogancia de las corporaciones y los protagonistas que quieren hacernos creer que los humanos pueden controlar totalmente la naturaleza.

Christof Mauch es director del Centro Rachel Carson para el Medio Ambiente y la Sociedad, asociado a la Universidad Ludwig Maximilians de Münich.

Primavera silenciosa
La obligación de resistir (Extracto del capítulo 2)

La historia de la vida en la Tierra ha sido una historia de interacción entre los seres vivos y su entorno. En gran medida, la forma física y el carácter de la vegetación terrestre y de su vida animal, han sido moldeados por el ambiente. Si se considera la totalidad de la duración de la existencia de la Tierra, el efecto contrario, en el que la vida modifica realmente su entorno, ha sido relativamente moderado.[1] Sólo dentro del momento de tiempo representado por el presente siglo, una especie (el hombre) ha adquirido una capacidad significativa para alterar la naturaleza de su mundo.

Durante el último cuarto de siglo, esta capacidad no sólo ha aumentado hasta alcanzar una magnitud inquietante, sino que ha cambiado en su carácter. El más alarmante de todos los atentados del hombre contra el ambiente es la contaminación del aire, la tierra, los ríos y el mar con materiales peligrosos e incluso letales. Esta polución es en su mayor parte irremediable; la cadena de desastres que inicia, no sólo en el mundo que debe soportar la vida, sino en los tejidos vivos, es en su mayor parte irreversible. En esta contaminación del ambiente, que ahora es universal, las sustancias químicas son los compañeros siniestros y poco conocidos de la radiación a la hora de cambiar la naturaleza misma del mundo, la naturaleza misma de su vida. El estroncio 90, liberado en el aire por las explosiones nucleares, llega a la tierra con la lluvia o cae en forma de lluvia radiactiva, se aloja en el suelo, se introduce en la hierba, en el maíz o en el trigo que allí crecen y, a su debido tiempo, se introducirá en los huesos del ser humano, donde permanecerá hasta su muerte.

De igual modo, los productos químicos rociados sobre los campos de cultivo, los bosques y los jardines permanecen durante largo tiempo en el suelo, penetran en los organismos vivos y pasan de uno a otro en una cadena de envenenamiento y de muerte. O bien se infiltran misteriosamente por los ríos subterráneos hasta que emergen y, mediante la alquimia del aire y la luz del

[1] Esta afirmación es relativa. Sin llegar a postular la literalidad de la hipótesis de Gaia, según la cual la vida ha modificado profundamente la estructura y la dinámica del planeta y cuya primera formulación por James Lovelock fue contemporánea de *Silent Spring*, baste recordar dos de los cambios más evidentes que los seres vivos han producido en el planeta: la transformación radical de una atmósfera reductora a una oxidante (por la inyección en la misma del oxígeno procedente de la fotosíntesis) y la bioerosión de la roca madre y formación del suelo por diferentes organismos edáficos. (*N. del t.*)

sol, se combinan en nuevas formas que matan la vegetación, enferman al ganado y operan daños desconocidos en aquellos que beben de los que antaño eran pozos puros. Como ha dicho Albert Schweitzer: «El hombre difícilmente puede reconocer los daños de su propia obra».

Han hecho falta millones de años para producir la vida que habita actualmente en la Tierra; eones de tiempo durante los cuales la vida en desarrollo, en evolución y diversificación alcanzó un estado de ajuste y equilibrio con su entorno. El ambiente, que moldeaba de forma rigurosa y dirigía la vida que soportaba, contenía elementos que eran tanto hostiles como protectores. Ciertas rocas emitían radiaciones peligrosas; incluso dentro de la luz solar, de la que toda la vida obtiene su energía, había radiaciones de onda corta con la capacidad de lesionar. Con el tiempo (tiempo no en años, sino en milenios) la vida se ajusta, y se ha alcanzado un equilibrio. Porque el tiempo es el ingrediente esencial; pero en el mundo moderno no hay tiempo.

La rapidez del cambio y la velocidad con la que se crean nuevas situaciones siguen al impetuoso y descuidado paso del hombre más que al paso pausado de la naturaleza. La radiación ya no es simplemente la radiación de fondo de las rocas, el bombardeo de los rayos cósmicos o la radiación ultravioleta del sol, que existían ya antes de que hubiera ningún tipo de vida en la Tierra; la radiación es ahora la creación antinatural del hombre, consecuencia de su manipulación descuidada del átomo. Las sustancias químicas a las que la vida tiene que adaptarse, ya no se reducen sencillamente al calcio, el silicio, el cobre y los demás minerales lavados de las rocas por las aguas y arrastrados al mar por los ríos; son las creaciones sintéticas de la inventiva de la mente humana, fabricadas en los laboratorios y que carecen de equivalentes en la naturaleza.

Ajustarse a estas sustancias químicas requeriría tiempo a la escala de la naturaleza; harían falta no sólo los años de la vida de un hombre, sino los de generaciones. E incluso si, por algún milagro, eso fuera posible, resultaría inútil, porque las nuevas sustancias químicas salen de nuestros laboratorios como un río sin fin: casi quinientas anuales se ponen en uso práctico sólo en los Estados Unidos. La cifra deja perplejo, y sus implicaciones son difícilmente comprensibles..., quinientos nuevos productos químicos a los cuales es preciso que el cuerpo del hombre y de los animales se adapte de algún modo cada año; sustancias químicas que se hallan totalmente fuera de los límites de la experiencia biológica.

Entre ellos figuran muchos que se emplean en la guerra del hombre contra la naturaleza. Desde mediados de la década de 1940 se han creado más de doscientos productos básicos para matar insectos, destruir malas hierbas, roedores y otros organismos calificados en el lenguaje vulgar como «plagas»; dichos productos se venden bajo varios miles de nombres comerciales distintos.

Esos polvos, sprays y aerosoles se aplican ahora casi universalmente en granjas, jardines, bosques y hogares; se trata de productos químicos no selectivos que tienen la capacidad de matar a todo insecto, el «bueno» y el «malo», de acallar el canto de los pájaros y de inmovilizar el salto de los peces en los ríos, de revestir las hojas de una mortal película y de permanecer en el suelo... y todo ello aunque el objetivo pueden ser tan sólo unas cuantas malas hierbas o unos pocos insectos. ¿Puede alguien creer que sea posible extender semejante andanada de venenos sobre la superficie de la Tierra sin que resulten inadecuados para todo ser viviente? No deberían llamarse «insecticidas», sino «biocidas».

Todo el proceso de pulverización parece hallarse atrapado en una espiral sin fin. Desde que se permitió el uso civil del DDT, se puso en marcha un proceso de intensificación en el que cada vez han de buscarse materiales más tóxicos. Esto ha sucedido así porque los insectos, en una triunfante reivindicación del principio de Darwin de la supervivencia de los más aptos, han producido por evolución superrazas inmunes al insecticida específico utilizado, por lo que cada vez hay que desarrollar otro más mortífero... y después otro más letal que el anterior. También ha ocurrido porque, por razones que se explicarán después, los insectos nocivos experimentan con frecuencia un «fogonazo», o resurgimiento, después de la rociadura, en número mayor que antes. De este modo, la guerra química nunca se gana, y todo ser vivo resulta atrapado en su violento fuego cruzado.

Parejo con la posibilidad de extinción de la especie humana por la guerra atómica, el problema central de nuestra época ha llegado a ser, por consiguiente, la contaminación del ambiente total del hombre por medio de tales sustancias de increíble potencia dañina, sustancias que se acumulan en los tejidos de plantas y animales y que incluso penetran en las células germinales para desbaratar o alterar el mismo material hereditario del que depende el futuro de la especie.

Algunos pretendidos arquitectos de nuestro futuro avizoran una época en que será posible alterar adrede el germoplasma humano. Pero bien podría ser que ahora lo estuviéramos haciendo así inadvertidamente, porque muchas sustancias químicas, como la radiación, provocan mutaciones genéticas. Resulta irónico pensar que el hombre pueda determinar su propio futuro mediante algo aparentemente tan trivial como la elección de un pulverizador insecticida.

Todo ese riesgo se corre... ¿para qué? Quizá los historiadores del futuro se sorprendan ante nuestro distorsionado sentido de la proporción. ¿Cómo pudieron seres inteligentes tratar de dominar a unas cuantas especies indeseadas por un método que contaminó todo el ambiente y acarreó la amenaza de enfermedad y de muerte incluso para su propia especie? Y, sin embargo, esto es precisamente lo que hemos hecho. Lo hemos hecho, además, por razones que se desmoronan en cuanto las examinamos. Nos han dicho que el uso enorme y en expansión de los plaguicidas es necesario para mantener la producción agrícola. Pero nuestro problema real ¿no es de *superproducción*? Nuestras granjas, a pesar de las medidas para reducir la superficie destinada a la producción y para pagar a los agricultores para que *no* produzcan, han rendido tan asombroso exceso de cosechas que el contribuyente norteamericano pagó en 1962 más de un millar de millones de dólares como costo adicional total del programa de almacenaje del excedente de alimentos. Y la situación no resulta precisamente beneficiada cuando una rama del Departamento de Agricultura trata de reducir la producción mientras que otra afirma, como hizo en 1958:

> Se cree por lo general que la reducción de superficie de cultivo, según las estipulaciones del Banco de Suelo, estimulará el interés por el uso de productos químicos para obtener la máxima producción de la tierra dedicada al cultivo.

Todo esto no quiere decir que no haya problemas con los insectos ni necesidad de control. Lo que estoy diciendo, en cambio, es que el control debe adaptarse a las realidades, no a situaciones imaginarias, y que los métodos empleados tienen que ser tales que no nos destruyan a nosotros al mismo tiempo que a los insectos.

El problema cuya pretendida solución ha provocado una tal serie de desastres como secuela es un complemento de nuestro moderno sistema de vida. Mucho antes de la era del hombre, los insectos habitaban la Tierra;

se trata de un grupo de seres extraordinariamente variados y adaptables. En el curso del tiempo, desde el advenimiento de la especie humana, una pequeña parte del más de medio millón de especies de insectos ha entrado en conflicto con el bienestar humano de dos maneras principales: como competidores de los recursos alimentarios y como portadores de enfermedades humanas.

Los insectos portadores de enfermedades se convierten en importantes allí donde los seres humanos se hacinan, especialmente en condiciones de poca higiene, como en épocas de desastres naturales o de guerra, o en situaciones de miseria y privaciones extremas. En estos casos se hace necesario algún tipo de control. Sin embargo, es un hecho patente, como veremos inmediatamente, que el método de control químico masivo sólo ha tenido un éxito limitado, y también que amenaza con empeorar las condiciones mismas que pretende resolver.

En condiciones primitivas de agricultura, el granjero tenía pocos problemas de insectos. Éstos surgieron con la intensificación de la agricultura: la dedicación de inmensas extensiones de terreno a un solo tipo de cultivo. Este sistema preparó el escenario para los aumentos explosivos de poblaciones de insectos específicos. La agricultura de los monocultivos no saca partido de los principios por medio de los cuales opera la naturaleza; se trata de una agricultura como podría concebirla un ingeniero. La naturaleza ha introducido gran variedad en el paisaje, pero el hombre ha exhibido una verdadera pasión por simplificarlo. De este modo, deshace los frenos y equilibrios inherentes mediante los cuales la naturaleza mantiene a raya a las especies. Un freno natural importante es un límite a la cantidad de hábitat adecuado para cada especie. Es obvio, por consiguiente, que un insecto que vive a base de trigo pueda aumentar su población a niveles muy superiores en una explotación agraria dedicada a trigales que en una en la que el trigo se cultiva junto con otros cultivos a los que el insecto no está adaptado.

Lo mismo sucede en otras situaciones. Hace una generación o más, las ciudades de extensas áreas de los Estados Unidos alineaban en sus calles nobles olmos. Ahora, la belleza que fue creada con esperanza se ve amenazada por la más completa destrucción, pues la enfermedad se abate sobre los olmos, extendida por un escarabajo que sólo hubiera tenido una oportunidad

limitada de constituir poblaciones numerosas y de pasar de un árbol a otro si los olmos hubieran sido sólo árboles ocasionales de una plantación ricamente diversificada.

Otro factor en el moderno problema de los insectos es uno que ha de considerarse en relación a un panorama de historia humana y geológica: la expansión de miles de especies de organismos diferentes desde sus áreas nativas para invadir nuevos territorios. Esta migración a escala mundial ha sido estudiada y descrita gráficamente por el ecólogo inglés Charles Elton en su reciente libro *The Ecology of Invasions.* Durante el período Cretácico, hace algo más de cien millones de años, los mares en expansión cortaron muchos puentes de tierra entre continentes, y los seres vivos se encontraron confinados en lo que Elton llama «colosales reservas naturales separadas». Allí, aislados de otros de su clase, desarrollaron muchas especies nuevas. Cuando algunas de aquellas masas continentales volvieron a unirse, hace unos 15 millones de años, estas especies empezaron a desplazarse hacia nuevos territorios, en un movimiento que no sólo está todavía en marcha, sino que ahora recibe considerable ayuda por parte del hombre.

La importación de plantas es el agente primordial en la moderna expansión de especies, porque los animales han acompañado, casi invariablemente, a las plantas, siendo la cuarentena una innovación relativamente reciente y no del todo efectiva. Sólo la Oficina de Introducción de Plantas de los Estados Unidos ha dado entrada a casi 200.000 especies y variedades de plantas procedentes del mundo entero. Aproximadamente la mitad de los 180 insectos que son los mayores enemigos de los vegetales en los Estados Unidos son importados de fuera, y la mayor parte de esos insectos llegaron acompañando a las plantas.

En territorio nuevo, fuera del alcance de la mano moderadora de sus enemigos naturales que mantenían en inferioridad su número en su tierra nativa, una planta o un animal invasores pueden convertirse en tremendamente abundantes. Así pues, no es por accidente que nuestros insectos más perturbadores sean especies introducidas.

Es probable que estas invasiones, tanto las que se producen de forma natural como las que dependen de la ayuda humana, vayan a continuar indefinida-

mente. Las cuarentenas y las campañas químicas masivas son sólo maneras carísimas de ganar tiempo. Según el Dr. Elton, nos enfrentamos

> ...a una necesidad a vida o muerte no sólo de encontrar nuevos métodos tecnológicos de supresión de esta planta o de aquel animal...
>
> ...sino que necesitamos el conocimiento básico de las poblaciones animales y de sus relaciones con el ambiente, lo que
>
> ...proporcionará un equilibrio cabal y amortiguará la capacidad explosiva de brotes demográficos y de nuevas invasiones.

Ya se dispone de gran parte del conocimiento necesario, pero no se utiliza. Formamos a ecólogos en nuestras universidades, e incluso los empleamos en nuestras agencias gubernamentales, pero rara vez aceptamos su consejo. Permitimos que caiga la mortal lluvia química como si no hubiera otra alternativa, mientras que de hecho existen muchas, y nuestro ingenio podría encontrar pronto otras si se le diera la oportunidad.

¿Hemos caído en un estado de hipnotismo que nos hace aceptar como inevitable lo que es inferior o perjudicial, como si hubiéramos perdido la voluntad o la visión de exigir lo bueno? Pensar de esta manera, según las palabras del ecólogo Paul Shepard,

> ...idealiza la vida permitiéndole tan sólo que saque la cabeza fuera del agua, unos centímetros por encima de los límites de tolerancia de la corrupción de su propio ambiente... ¿Por qué hemos de tolerar una dieta de venenos débiles, un hogar en un entorno insípido, un círculo de relaciones que no son enteramente nuestros enemigos, el ruido de motores con sólo el alivio suficiente para impedirnos la locura? ¿Quién puede querer vivir en un mundo que, simplemente, no es del todo fatal?

Y sin embargo, este tipo de mundo es el que nos abruma. La cruzada para crear un mundo químicamente esterilizado y libre de insectos parece haber engendrado un celo frenético por parte de muchos especialistas y la mayor parte de las llamadas agencias de control. En todos los aspectos es evidente que los que se dedican a operaciones de pulverización ejercen un poder despiadado. Neely Turner, una entomóloga de Connecticut, afirma:

> Los entomólogos reguladores ... funcionan como fiscales, jueces y jurados, asesores y recaudadores de impuestos y jefes de policía para hacer cumplir sus propias órdenes.

Los abusos más flagrantes no son reprimidos ni en las agencias federales ni en las estatales.

Mi punto de vista no es que nunca deban usarse insecticidas químicos. Lo que sí sostengo es que hemos puesto indiscriminadamente sustancias químicas ponzoñosas y biológicamente potentes en manos de personas totalmente o en gran parte ignorantes de su potencial para causar daño. Hemos sometido a un enorme número de personas al contacto con tales venenos, sin su consentimiento y, con frecuencia, sin su conocimiento. Si la Carta de Derechos[2] no contiene garantía de que un ciudadano será protegido contra venenos letales distribuidos ya sea por personas particulares, ya por funcionarios públicos, ello se debe seguramente a que nuestros antepasados, a pesar de su considerable sabiduría y previsión, no podían concebir semejante problema. Sostengo, asimismo, que hemos permitido que esos productos químicos sean usados con poca o ninguna investigación previa de sus efectos en el suelo, el agua, la vida silvestre y en el propio hombre. Las generaciones futuras difícilmente perdonarán nuestra falta de preocupación prudente por la integridad del mundo natural que sostiene toda la vida.

Poseemos todavía un conocimiento muy limitado de la naturaleza de tal amenaza. Ésta es una era de especialistas; cada cual considera su propio problema e ignora o no tolera el marco de referencia mayor en el que éste encaja. Es, asimismo, una era dominada por la industria, en la que raramente se pone en duda el derecho a obtener un dólar a cualquier precio. Cuando el público protesta, enfrentado con alguna prueba evidente de los resultados perjudiciales de las aplicaciones de plaguicidas, se le suministran píldoras tranquilizantes de medias verdades. Necesitamos urgentemente que se ponga fin a tan falsas seguridades, al caramelo que envuelve hechos desagradables. Es al público al que se le pide que asuma los riesgos que calculan los que se dedican a controlar los insectos. El público debe decidir si desea continuar por el actual camino, y sólo puede decidirlo cuando esté en plena posesión de los datos. En palabras de Jean Rostand: «La obligación de resistir nos da el derecho a conocer».

[2] Las diez primeras enmiendas a la constitución de los Estados Unidos. (*N. del t.*)

Primavera silenciosa

Elixires de muerte (Extracto del capítulo 3)

Por primera vez en la historia del mundo, todo ser humano se halla ahora sometido al contacto con sustancias químicas peligrosas, desde su nacimiento hasta su muerte. En menos de dos décadas de uso, los plaguicidas sintéticos se han distribuido de manera tan amplia por todo el mundo animado e inanimado, que se encuentran prácticamente por todas partes. Se han encontrado dichas sustancias en la mayoría de los sistemas fluviales importantes e incluso en corrientes subterráneas que fluyen sin ser vistas por el interior de la tierra. Residuos de estos productos químicos se acumulan en suelos en los que pudieron haber sido aplicados una docena de años antes. Han penetrado y se han alojado en el cuerpo de peces, aves, reptiles y animales salvajes y domésticos, de manera tan universal que a los científicos que llevan a cabo experimentos animales les resulta casi imposible localizar individuos libres de dicha contaminación. Se los ha hallado en peces de remotos lagos de montaña, en lombrices de tierra que excavan en el suelo, en los huevos de aves... y en el propio hombre. Porque tales sustancias químicas están ahora almacenadas en el cuerpo de la mayoría de los seres humanos, sin discriminación de edad. Se encuentran en la leche de las madres y probablemente en los tejidos de los niños por nacer.

Todo esto se ha producido a causa del súbito auge y del prodigioso crecimiento de una industria dedicada a la fabricación de sustancias químicas artificiales o sintéticas con propiedades insecticidas. Dicha industria es hija de la segunda guerra mundial. En el curso del desarrollo de agentes para la guerra química, se descubrió que algunas de las sustancias eran letales para los insectos. El hallazgo no se produjo por casualidad: los insectos fueron extensamente usados para probar los productos químicos como agentes de muerte para el hombre.

El resultado ha sido un torrente aparentemente interminable de insecticidas sintéticos. Al ser elaborados por el hombre (por medio de ingeniosas prácticas de laboratorio consistentes en manipulación de moléculas, sustitución de átomos y alteración de su disposición) difieren completamente de los insecticidas inorgánicos más simples de antes de la guerra. Éstos eran derivados de pro-

ductos presentes naturalmente en minerales y en plantas: compuestos de arsénico, cobre, plomo, manganeso, zinc y otros minerales; piretro de las flores secas de crisantemos; sulfato de nicotina de algunos de los parientes del tabaco, y rotenona de plantas leguminosas de las Indias Orientales.

Lo que sitúa aparte a los nuevos insecticidas sintéticos es su enorme potencia biológica. Poseen un inmenso poder, no solamente para envenenar, sino para introducirse en los procesos más vitales del organismo y cambiarlos de maneras siniestras y a menudo mortales. Así, como veremos más adelante, destruyen precisamente aquellos enzimas cuya función es proteger el cuerpo frente a las agresiones, bloquean los procesos de oxidación mediante los cuales recibe su energía el organismo, impiden el normal funcionamiento de varios órganos y pueden iniciar en determinadas células el lento e irreversible cambio que conduce a la formación de tumores malignos.

Y, sin embargo, sustancias químicas nuevas y más perjudiciales se añaden cada año a la lista, y se les encuentra nuevos usos, de forma que el contacto con dichos materiales se ha hecho prácticamente universal. La producción de plaguicidas sintéticos en los Estados Unidos pasó de 56 millones de kilogramos en 1947 a 290 millones en 1960,[1] con un aumento de más del quíntuplo. El valor de la venta al por mayor de tales productos superó los 250.000 millones de dólares. Pero según los planes y esperanzas de la industria, esta enorme producción está sólo en los comienzos.

Por consiguiente, nos concierne a todos un «Quién es quién» de los plaguicidas. Si vamos a vivir en tanta intimidad con esas sustancias químicas (comiéndolas y bebiéndolas, y absorbiéndolas, literalmente, en el mismo tuétano de nuestros huesos) mejor será que conozcamos algo acerca de su naturaleza y su poder.

Aunque la segunda guerra mundial supuso dejar de lado los plaguicidas inorgánicos químicos y una introducción en el maravilloso mundo de la molécula de carbono, algunos de los antiguos materiales subsisten. El primero entre todos ellos es el arsénico, que todavía es el ingrediente básico de gran variedad de destructores de malas hierbas e insectos. El arsénico es un mineral

[1] En 2000 y 2001, el total de plaguicidas *usados* en los Estados Unidos fue de 550 millones de kilogramos anuales, y la cifra para todo el mundo fue cuatro veces superior. (*N. del t.*)

muy tóxico que se presenta asociado extensamente con las menas de varios metales y en muy pequeña proporción en los volcanes, en el mar y en el agua de manantiales. Sus relaciones con el hombre son variadas e históricas. Como muchos de sus componentes no tienen sabor ha sido un agente favorito de homicidios desde mucho antes del tiempo de los Borgia hasta la actualidad. El arsénico fue el primer carcinógeno (o sustancia que provoca cáncer) elemental reconocido, identificado en el hollín de chimeneas y que hace casi dos siglos un médico inglés relacionó con el cáncer. Están registradas epidemias de envenenamiento crónico por arsénico que implicaban a poblaciones enteras durante períodos prolongados. Los ambientes contaminados por arsénico han causado también enfermedades y muertes en caballos, vacas, cabras, cerdos, ciervos, peces y abejas; a pesar de tales antecedentes, las rociaduras y pulverizaciones arsenicales son ampliamente usadas. En los estados algodoneros del sur de Estados Unidos, cuyos campos son rociados con arsénico, la apicultura casi ha desaparecido actualmente. Los granjeros que usaron el arsénico en pulverizaciones durante largos períodos han acabado afectados de envenenamiento crónico por arsénico; los animales han resultado envenenados por las rociaduras de cosechas o por los herbicidas que contenían arsénico. Las pulverizaciones de arsénico efectuadas en terrenos de arándanos han sido llevadas por el viento a las granjas vecinas, contaminando arroyos, envenenando fatalmente a abejas y vacas y causando enfermedades en los seres humanos. Según el Dr. W. C. Hueper, del Instituto Nacional del Cáncer, una autoridad en cáncer ambiental:

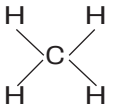
> Apenas es posible ... manejar sustancias arsenicales con la más absoluta negligencia por la salud general de lo que se ha venido haciendo en nuestro país en años recientes ... Quienquiera que haya visto en operación las pulverizaciones y rociaduras de insecticidas arsenicales tiene que haber quedado impresionado por el descuido casi supremo con el que se dispensan estas sustancias venenosas.

Los insecticidas modernos son todavía más mortíferos. La inmensa mayoría están comprendidos en uno de dos grandes grupos de sustancias químicas. Uno, representado por el DDT, es el de los hidrocarburos clorados. El otro grupo esta compuesto por los insecticidas de fósforo orgánico y está representado por los nombres, razonablemente familiares, de malatión y paratión. Todos ellos tienen una cosa en común. Como se mencionó anteriormente, están construidos sobre una base de átomos de carbono, que son también los bloques de construcción indispensables del mundo vivo, por lo que se clasifi-

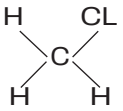
can como «orgánicos». Para comprenderlos, debemos ver de qué están hechos y de qué manera, aunque están relacionados con la química básica de toda la vida, se prestan a modificaciones que los hacen agentes de la muerte.

El elemento básico, el carbono, posee átomos que tienen una capacidad casi infinita de unirse entre sí y formar cadenas, anillos y otras varias configuraciones, y también de quedar unidos con átomos de otras sustancias. Realmente, la increíble diversidad de seres vivos, desde las bacterias hasta la gran ballena azul, se debe en gran parte a esta capacidad del carbono. Las complejas moléculas de las proteínas tienen el átomo de carbono como base, igual que les pasa a las moléculas de las grasas, a los carbohidratos, a los enzimas y a las vitaminas. Y también lo poseen una inmensa cantidad de objetos no vivos, porque el carbono no es necesariamente un símbolo de vida.

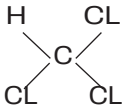
Algunos compuestos orgánicos son simples combinaciones de carbono e hidrógeno. El más sencillo de todos es el metano, o gas de los pantanos, que en la naturaleza se forma por la descomposición bacteriana de materia orgánica bajo el agua. Mezclado con el aire en proporciones adecuadas, el metano se convierte en el temible grisú (o mofeta inflamable) de las minas de carbón. Su estructura es hermosamente simple, y consiste en un átomo de carbono al que se han unido cuatro átomos de hidrógeno:



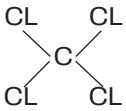
Los químicos han descubierto que es posible separar uno o todos los átomos de hidrógeno y sustituirlos por otros elementos. Por ejemplo: sustituyendo un átomo de hidrógeno por uno de cloro, produciremos cloruro de metilo:



Si se eliminan tres átomos de hidrógeno y se los sustituye por otros tantos de cloro, tendremos el cloroformo, anestésico:



Si se sustituyen por átomos de cloro todos los átomos de hidrógeno, el resultado es tetracloruro de carbono, el conocido líquido de limpieza:



En los términos más sencillos posibles, esos cambios que se han hecho sobre la molécula básica del metano ilustran bien lo que es un hidrocarburo clorado. Pero dicha ilustración da muy poca idea de la verdadera complejidad del mundo químico de los hidrocarburos, o de las manipulaciones mediante las cuales el químico orgánico crea sus materiales infinitamente variados. Porque en lugar de la molécula simple de metano con su átomo único de carbono, el químico puede trabajar con moléculas de hidrocarburos constituidas por muchos átomos de carbono, dispuestos en anillos o cadenas, con cadenas o ramas laterales, que se mantienen unidos entre sí con enlaces químicos que no sólo son simples átomos de hidrógeno o de cloro, sino también una gran variedad de grupos químicos. Con cambios estructurales aparentemente menores se cambia el carácter total de la sustancia; por ejemplo, no sólo lo que se agrega, sino el lugar de enlace en el átomo de carbono es sumamente importante. Manipulaciones ingeniosas de este tipo han producido un conjunto de venenos de potencia verdaderamente extraordinaria.

El DDT (abreviatura de dicloro-difenil-tricloroetano) fue sintetizado por primera vez por un químico alemán en 1874, pero sus propiedades como insecticida no se descubrieron hasta 1939. Casi inmediatamente el DDT fue aclamado como un medio de erradicar las enfermedades transmitidas por insectos y de ganar de la noche a la mañana la guerra de los agricultores contra los destructores de las cosechas. El descubridor, Paul Müller, de Suiza, ganó el premio Nobel.

El DDT es ahora utilizado de forma tan universal que en la mente de la mayoría el producto toma el aspecto de familiar e inofensivo. Quizá el mito

de la inocuidad del DDT se basa en el hecho de que una de sus primeras aplicaciones fue el espolvoreo, durante la guerra, de muchos miles de soldados, refugiados y prisioneros, para combatir los piojos. Está ampliamente extendida la creencia, puesto que tanta gente entró en contacto muy íntimo con el DDT sin sufrir ningún efecto perjudicial inmediato, que dicha sustancia química debe ser de uso inocuo. Este error comprensible surge del hecho de que (al contrario que otros hidrocarburos clorados) el DDT *en forma de polvo* no es absorbido fácilmente por la piel. Disuelto en aceite, como está usualmente, el DDT es indudablemente tóxico. Si se traga, es absorbido lentamente a través del tubo digestivo; también puede ser absorbido por los pulmones. Una vez ha penetrado en el cuerpo, se almacena sobre todo en órganos ricos en sustancias grasas (porque el propio DDT es liposoluble), tales como las cápsulas suprarrenales, los testículos o la glándula tiroides. Se depositan cantidades relativamente grandes en el hígado, los riñones y la grasa de los mesenterios grandes y protectores que envuelven los intestinos.

Este almacenamiento del DDT empieza con la más pequeña entrada del producto químico (que se halla presente como residuos en la mayoría de los alimentos) y continúa hasta que se alcanzan niveles muy elevados. Los depósitos que se almacenan en las grasas actúan como amplificadores biológicos, de modo que una ingesta tan pequeña como 1/10 de 1 parte por millón en la dieta resulta en el almacenamiento de unas 10 a 15 partes por millón,[2] lo que representa un aumento de cien veces o más. Estos términos de referencia, tan familiares al químico o al farmacéutico, resultan extraños para la mayoría de nosotros. Una parte en un millón parece una cantidad pequeñísima... y así es. Pero tales sustancias son tan potentes que una minúscula cantidad puede provocar cambios enormes en el organismo. En experimentos con animales se ha encontrado que 3 partes por millón inhiben un enzima esencial en el músculo cardiaco; sólo 5 partes por millón ocasionan la necrosis o desintegración de las células hepáticas; sólo 2,5 partes por millón de dieldrín y clordano, productos estrechamente emparentados, hacen lo mismo.

[2] La concentración de una parte por millón (ppm) es, en peso, un gramo de plaguicida por cada millón de gramos de organismo o de sus órganos (1 gramo por cada 1.000 kilogramos o 1 miligramo por cada kilogramo, por ejemplo). En agua y aire se suelen dar concentraciones de peso (de plaguicida) por volumen: 1 miligramo por litro (o equivalentes: 1 microgramo por cada mililitro, etc.). (*N. del t.*)

Realmente, esto no es sorprendente. En la química normal del cuerpo humano existe este tipo de disparidad entre causa y efecto. Por ejemplo, una cantidad de yodo tan pequeña como dos diezmilésimas de gramo representa la diferencia entre la salud y la enfermedad. Como esas pequeñas cantidades de plaguicidas se almacenan de forma acumulativa y sólo se excretan lentamente, la amenaza de envenenamiento crónico y de cambios degenerativos del hígado y otros órganos es muy real.

Los científicos no están de acuerdo sobre cuánto DDT puede almacenarse en el cuerpo humano. El doctor Arnold Lehman, farmacólogo jefe de la Agencia para los Alimentos y Medicamentos, dice que no existe un mínimo por debajo del cual el DDT no sea absorbido, ni un máximo más allá del cual cesen la absorción y el almacenamiento. En cambio, el doctor Wayland Hayes, del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, sostiene que en cada individuo se alcanza un punto de equilibrio, y que el exceso de DDT que sobrepase dicha cantidad es excretado. A efectos prácticos, no tiene particular importancia cuál de estos dos hombres esté en lo cierto. El almacenamiento en los seres humanos ha sido bien investigado y sabemos que la persona promedio almacena cantidades potencialmente peligrosas. Según varios estudios, individuos sin ninguna exposición conocida (aparte de la inevitable correspondiente a la dieta) almacenan por término medio de 5,3 a 7,4 partes por millón. Los trabajadores agrícolas acumulan 17,1 partes por millón, y los obreros de fábricas de insecticidas ¡nada menos que 649 partes por millón! Así que la gama de acumulación comprobada es amplia y, lo que es incluso más pertinente, las cifras mínimas superan el nivel en el cual pueden empezar las lesiones para el hígado y otros órganos o tejidos.

Una de las más siniestras características del DDT y sustancias químicas afines es la manera con que se transmiten de un organismo a otro a través de todos los eslabones de la cadena alimentaria. Por ejemplo, los campos de alfalfa se espolvorean con DDT; después se prepara pienso para las gallinas con esa alfalfa; las gallinas ponen huevos que contienen DDT. O bien el heno, que contiene residuos de 7 u 8 partes por millón, se da de comer a las vacas. El DDT reaparecerá en la leche en una cantidad de unas 3 partes por millón, pero en la mantequilla elaborada con esa leche, la concentración puede llegar a 65 partes por millón. A través de tal proceso de transferencia, lo que se inició con una pequeñísima proporción de DDT puede convertirse en una concentración

elevada. En la actualidad, los ganaderos tienen dificultades para obtener alimentos incontaminados para sus vacas lecheras, porque la Agencia para los Alimentos y Medicamentos prohíbe la presencia de residuos de insecticidas en la leche despachada para el comercio interestatal.

El veneno también puede ser transmitido por la madre a su descendencia. Se han hallado residuos de insecticidas en la leche humana en muestras examinadas por científicos de la Agencia para los Alimentos y Medicamentos. Esto significa que el niño alimentado al pecho de la madre recibe adiciones pequeñas pero regulares a la carga de sustancias químicas tóxicas que se acumulan en su cuerpo. Sin embargo, éste no es en modo alguno su primer contacto con tales sustancias: hay buenas razones para creer que éste comienza mientras todavía está en el seno materno. En animales experimentales, los insecticidas a base de hidrocarburos clorados atraviesan libremente la barrera de la placenta, el escudo protector tradicional entre el embrión y las sustancias nocivas del cuerpo de la madre. Mientras que las cantidades así recibidas por los niños humanos serían normalmente pequeñas, no son, sin embargo, menospreciables, porque los niños son más susceptibles al envenenamiento que los adultos. Esta situación significa también que, hoy en día, la persona promedio empieza casi con toda seguridad su vida con el primer depósito de la carga creciente de sustancias químicas que su cuerpo habrá de soportar desde entonces.

El conjunto de estos hechos (almacenamiento, incluso a niveles bajos, subsiguiente acumulación, y aparición de lesiones en el hígado con niveles que pueden hallarse fácilmente en dietas normales) llevó a los científicos de la Agencia para los Alimentos y Medicamentos a declarar, ya en fecha muy temprana, en 1950, que es «sumamente probable que se haya subestimado el peligro potencial del DDT». No ha existido una situación semejante en la historia de la medicina. Nadie sabe todavía cuáles pueden ser las últimas consecuencias.

El clordano, otro hidrocarburo clorado, tiene todos los desagradables atributos del DDT más unos cuantos que le son peculiares. Sus residuos son muy persistentes en el suelo, en los alimentos o en las superficies a las que pueda ser aplicado, aunque también es muy volátil, y el envenenamiento por inhalación es un peligro claro para cualquiera que lo manipule o se exponga a él. El clordano aprovecha cualquier vía de entrada al cuerpo humano. Atraviesa fácil-

mente la piel, se respira como vapor y, desde luego, es absorbido por el tubo digestivo si se tragan residuos. Como cualquier otro hidrocarburo clorado, sus depósitos aumentan en el cuerpo en forma acumulativa. Una dieta que contenga una proporción tan pequeña de clordano como 2,5 partes por millón puede eventualmente conducir hasta un depósito de 75 partes por millón en la grasa de animales experimentales.

Un farmacólogo tan experimentado como el Dr. Lehman ha descrito el clordano como «uno de los insecticidas más tóxicos ... Quienquiera que lo manipule puede envenenarse». A juzgar por la liberalidad descuidada con que se utiliza el clordano en las pulverizaciones para el césped de las casas suburbanas, esta advertencia no se ha tomado al pie de la letra. El hecho de que los habitantes de los barrios suburbanos no hayan sido afectados instantáneamente tiene poca importancia, porque las toxinas pueden dormir largo tiempo en su cuerpo, para manifestarse meses o años después en un oscuro trastorno que hace casi imposible seguir la pista hasta sus orígenes. Por otra parte, la muerte puede presentarse rápidamente. Una víctima que accidentalmente derramó sobre su piel una solución al 25 por ciento mostró síntomas de envenenamiento a los 40 minutos y murió antes de que pudiera conseguirse ayuda médica. No puede confiarse en recibir una advertencia anticipada que permita obtener a tiempo el tratamiento adecuado.

El heptacloro, uno de los constituyentes del clordano, se comercializa como una formulación separada. Tiene una capacidad especialmente alta para almacenarse en la grasa. Si la alimentación contiene una cantidad tan pequeña como 1/10 de una parte por millón, habrá cantidades apreciables de heptacloro en el cuerpo. Tiene asimismo la curiosa capacidad de transformarse en una sustancia químicamente distinta, conocida como epóxido de heptacloro. Esto lo hace en el suelo y en los tejidos, tanto de plantas como de animales. Pruebas en aves indican que el epóxido que resulta de este cambio es unas cuatro veces más tóxico que la sustancia química original, que a su vez es cuatro veces más tóxica que el clordano. Hace ya un cierto tiempo, a mediados de la década de 1930, se descubrió que un grupo especial de hidrocarburos, los naftalenos clorados, causaban hepatitis, y asimismo una enfermedad hepática poco corriente y fatal en personas sometidas a exposición laboral. Han producido enfermedades y muerte en trabajadores de industrias eléctricas y, más recientemente, en agricultura, han sido

considerados como causa de una enfermedad misteriosa y generalmente fatal del ganado vacuno. En vista de tales antecedentes, no es de extrañar que tres de los insecticidas que pertenecen a este grupo figuren entre los más violentamente venenosos de todos los hidrocarburos. Se trata del dieldrín, el aldrín y el endrín.

El dieldrín, así llamado por el nombre de un químico alemán, Diels, es unas 5 veces más tóxico que el DDT cuando se traga, pero 40 veces más tóxico cuando es absorbido por la piel en una solución. Es notorio por hacer efecto rápidamente y con terribles efectos en el sistema nervioso, provocando convulsiones en las víctimas. Las personas así intoxicadas se recuperan con tal lentitud que ello indica efectos crónicos. Como ocurre con otros hidrocarburos clorados, esos efectos a largo plazo incluyen graves lesiones hepáticas. La larga duración de sus residuos y lo efectivo de su acción insecticida hacen del dieldrín uno de los insecticidas más usados hoy en día, a pesar de la enorme destrucción de fauna silvestre que ha seguido a su empleo. Como se ha comprobado en codornices y faisanes, ha resultado ser unas 40 a 50 veces más tóxico que el DDT.

Existen grandes lagunas en nuestro conocimiento acerca de cómo se almacena o distribuye el dieldrín en el cuerpo, o es excretado, porque el ingenio de los químicos a la hora de inventar insecticidas ya hace tiempo que ha pasado por delante del conocimiento biológico de la manera en que esos venenos afectan al ser vivo. No obstante, existen todos los indicios de que se produce una larga permanencia en el cuerpo humano, donde esos depósitos pueden permanecer dormidos como un volcán inactivo y sólo hacer su aparición en períodos de estrés fisiológico, cuando el cuerpo echa mano de sus reservas de grasa. Mucho de lo que sí conocemos se ha descubierto a través de la dura experiencia en las campañas contra la malaria efectuadas por la Organización Mundial de la Salud. Tan pronto como el dieldrín sustituyó al DDT en las tareas de control de la malaria (porque los mosquitos de la malaria se habían hecho resistentes al DDT), empezaron a presentarse casos de intoxicaciones entre las personas encargadas de las pulverizaciones. Los ataques fueron graves: desde la mitad de las personas afectadas hasta su totalidad (variaban según los diferentes programas) fueron presa de convulsiones y algunas murieron. Otras sufrieron esas convulsiones por espacio de *cuatro meses* después del último contacto con dicha sustancia.

El aldrín es una sustancia un tanto misteriosa, porque aunque existe como entidad separada, posee una relación de *alter ego* con el dieldrín. Cuando se toman zanahorias de un terreno tratado con aldrín, se les encuentran residuos de dieldrín. Tal cambio ocurre en los tejidos vivos y también en el suelo. Esta transformación química ha conducido a muchos informes erróneos, porque si un químico, sabiendo que se ha aplicado aldrín, hace los análisis para éste, se engañará al pensar que todos los residuos se han disipado. Los residuos están allí, pero en forma de dieldrín, y esto requiere un análisis distinto.
Como el dieldrín, el aldrín es extremadamente tóxico. Produce cambios degenerativos en el hígado y en los riñones. Una cantidad del tamaño de una tableta de aspirina es bastante para matar a más de 400 codornices. Se han registrado muchos casos de envenenamientos humanos, la mayoría en relación con manipulación industrial.

El aldrín, como la mayor parte de este grupo de insecticidas, proyecta una sombra amenazadora sobre el futuro, la sombra de la esterilidad. Faisanes a los que se suministraron en la dieta cantidades demasiado pequeñas para matarlos, pusieron no obstante pocos huevos, y los pollos que salieron de éstos murieron pronto. El efecto no se limita a las aves. Ratas expuestas a aldrín han tenido menos embarazos y sus crías eran endebles y murieron pronto. Los cachorros nacidos de madres sometidas a tratamiento de aldrín, murieron a los tres días. De un modo o de otro, las nuevas generaciones sufren debido al envenenamiento de sus padres. Nadie sabe si el mismo efecto se verá en los seres humanos, aunque esta sustancia química ha sido rociada desde aviones sobre áreas suburbanas y tierras de labor.

El endrín es el más tóxico de todos los hidrocarburos clorados. Aunque químicamente está relacionado de manera bastante estrecha con el dieldrín, un pequeño cambio en su estructura molecular le hace 5 veces más venenoso. Esto hace que el progenitor de todo este grupo de insecticidas, el DDT, parezca en comparación casi inofensivo. El endrín es 15 veces más ponzoñoso que el DDT para los mamíferos, 30 veces más venenoso para los peces, y alrededor de 300 veces más venenoso para algunas aves.

En la década de su uso, el endrín ha matado un número enorme de peces, ha envenenado fatalmente ganado vacuno que se ha introducido en huertos pulverizados, ha emponzoñado pozos, y al menos un importante departamento

de salud estatal ha emitido un serio aviso de que su uso negligente está poniendo en peligro vidas humanas.

En uno de los casos más trágicos de envenenamiento por endrín, no hubo aparentemente negligencia; se habían hecho esfuerzos para tomar precauciones que aparentemente se consideraban adecuadas. Un niño de un año había sido llevado a vivir a Venezuela por sus padres estadounidenses. En la casa donde se mudaron había cucarachas, y al cabo de unos días emplearon un insecticida que contenía endrín. El niño y el perrito de la familia fueron sacados de la casa antes de hacer la pulverización a eso de las nueve de la mañana. Después de pulverizar se fregaron los suelos. El niño y el perro volvieron alrededor de media tarde. Cosa de una hora después, el perro vomitó, empezó a sufrir convulsiones y murió. A las diez de la noche del mismo día, empezaba a vomitar el bebé, era presa de convulsiones y perdía el sentido. Tras aquel fatal contacto con el endrín, aquel niño normal y sano se convirtió en poco más que un vegetal: incapaz de ver ni de oír, presa de frecuentes espasmos musculares y con la apariencia de hallarse totalmente desconectado de cuanto le rodeaba. Varios meses de tratamiento en un hospital de Nueva York no consiguieron cambiar su estado ni proporcionar esperanza alguna de recuperación. «Es sumamente dudoso», dijeron los médicos que le atendían, «que tenga lugar ningún grado de recuperación útil».

El segundo grupo importante de insecticidas, el de los fosfatos alquílicos u orgánicos, figura entre las sustancias químicas más ponzoñosas del mundo. El riesgo principal y el más evidente que conlleva su empleo es el de envenenamiento agudo de las personas que efectúan las pulverizaciones o que accidentalmente se ponen en contacto con las rociaduras que el viento transporta, con la vegetación cubierta por ellas, o con un recipiente desechado. En Florida, dos niños encontraron un saco vacío y lo usaron para arreglar un columpio. Poco después, ambos murieron y tres de sus compañeros de juego enfermaron. El saco había contenido un insecticida llamado paratión, uno de los fosfatos orgánicos; los análisis revelaron muerte por envenenamiento con paratión. En otra ocasión dos muchachos jóvenes de Wisconsin, primos, fallecieron en la misma noche. Uno había estado jugando en el patio de su casa cuando la pulverización fue esparcida por el viento desde un campo inmediato donde su padre estaba rociando patatas con paratión. El otro se había metido jugando en el granero, tras de su padre, y había puesto las manos en el pitón del equipo de pulverización.

El origen de estos insecticidas tiene una importancia algo irónica. Aunque algunas de dichas sustancias químicas (ésteres orgánicos del ácido fosfórico) hacía muchos años que eran conocidas, sus propiedades insecticidas no fueron descubiertas hasta finales de la década de 1930, por un químico alemán, Gerhard Schrader. Casi inmediatamente, el gobierno alemán reconoció el valor de estas mismas sustancias como armas nuevas y devastadoras en la guerra del hombre contra su propia especie, y el trabajo en ellas se declaró secreto. Algunas se convirtieron en los mortíferos gases nerviosos. Otras, de estructura muy similar, se convirtieron en insecticidas.

Los insecticidas de fósforo orgánico actúan en el organismo vivo de un modo peculiar. Tienen la capacidad de destruir enzimas: los enzimas que efectúan funciones necesarias en el organismo. Su blanco es el sistema nervioso, ya sea la víctima un insecto o un animal de sangre caliente. En condiciones normales, un impulso se transmite de nervio a nervio con la ayuda de un «transmisor químico» llamado acetilcolina,[3] una sustancia que desempeña una función esencial y luego desaparece. En realidad, su existencia es tan efímera que los investigadores médicos son incapaces, sin procedimientos especiales, de obtener muestras del mismo antes de que el cuerpo lo haya destruido. Esta naturaleza transitoria del transmisor químico es necesaria para el funcionamiento normal del cuerpo. Si la acetilcolina no es destruida tan pronto como ha cesado un impulso nervioso, los impulsos continúan destellando a través del puente entre nervios, pues la sustancia química ejerce sus efectos de un modo aún más intensivo. Los movimientos de todo el cuerpo pierden su coordinación: rápidamente se producen temblores, espasmos musculares, convulsiones, y la muerte.

De esta contingencia se ha encargado el organismo. Un enzima protector llamado colinesterasa está preparado para destruir la sustancia química transmisora cuando ya no se necesita. De este modo se establece un equilibrio exacto y el cuerpo no acumula nunca una cantidad peligrosa de acetilcolina. Pero al entrar en contacto con los insecticidas de fósforo orgánico, el enzima protector es destruido, y a medida que se reduce la cantidad de enzima, aumenta la cantidad de transmisor químico. En este efecto, los compuestos de fósforo orgánico se parecen al veneno alcaloide muscarina, que se encuentra en un hongo venenoso, la falsa oronja.[4]

[3] En realidad, de neurona a neurona, a través de las sinapsis. (*N. del t.*)
[4] *Amanita muscaria*. (*N. del t.*)

Contactos repetidos pueden hacer disminuir el nivel de colinesterasa hasta que el individuo alcanza el umbral de envenenamiento agudo, umbral que se puede superar por una pequeñísima exposición adicional. Por esta razón se considera importante hacer exámenes periódicos de la sangre de los encargados de las pulverizaciones y de otras personas expuestas regularmente al contacto.

El paratión es uno de los fosfatos orgánicos más ampliamente usados. También es uno de los más potentes y peligrosos. Las abejas se tornan «ferozmente agitadas y belicosas» en contacto con él, efectúan frenéticos movimientos de limpieza y en media hora se hallan próximas a la muerte. Un químico, que quería saber de la manera más directa posible cuál es la dosis agudamente tóxica para el ser humano, tragó una cantidad minúscula, equivalente a 0,12 gramos. La parálisis se presentó tan súbitamente que no pudo alcanzar los antídotos que había preparado y murió. El paratión parece ser ahora el medio de suicidio favorito en Finlandia. En los últimos años, el estado de California ha informado de una media de más de 200 casos anuales de envenenamiento accidental por paratión. En muchas partes del mundo, la tasa de accidentes fatales debidos a paratión es asombrosa: 100 casos fatales en la India y 67 en Siria en 1958, y un promedio de 336 muertes anuales en Japón.

Sin embargo, unos tres millones de kilogramos de paratión se aplican actualmente en campos y huertos de los Estados Unidos, mediante pulverizaciones a mano, espolvoreos y rociaduras motorizados, y por avión. La cantidad usada sólo en las granjas de California, según una autoridad médica, «representa una dosis letal para 5 o 10 veces la totalidad de la población mundial». Una de las pocas circunstancias que nos salvan de la extinción por tal causa es el hecho de que el paratión y otros productos químicos del mismo grupo se descomponen con bastante rapidez. Sus residuos en las cosechas donde son aplicados son por consiguiente de vida bastante corta, comparados con los hidrocarburos clorados. Sin embargo, perduran lo bastante para crear riesgos y producir consecuencias que van desde las simplemente graves hasta las fatales. En Riverside, California, once de treinta hombres que recolectaban naranjas se pusieron de pronto muy enfermos y todos menos uno tuvieron que ser hospitalizados. Sus síntomas eran los típicos del envenenamiento por paratión. El naranjal había sido pulverizado con paratión unas dos semanas y

media antes; los residuos, que les provocaron náuseas, ceguera parcial, dolor y semiinconsciencia, tenían de dieciséis a diecinueve días de fecha. Lo cual no es, ni mucho menos, un récord de persistencia. Percances parecidos se han presentado en campos pulverizados un mes antes, y se han hallado residuos en la mondadura de naranjas después de transcurridos seis meses del tratamiento con dosis corrientes.

El peligro para todos los trabajadores que aplican insecticidas de fósforo orgánico en campos, huertos y viñas, es tan extremo, que algunos estados que emplean esos productos han establecido laboratorios donde los médicos pueden obtener ayuda en diagnósticos y tratamientos. Incluso los propios médicos pueden tener cierto peligro a menos que usen guantes de goma al tocar a las víctimas de los envenenamientos. Asimismo, cabe en lo posible que les ocurra a quienes lavan la ropa de dichas víctimas, que pueden haber absorbido el suficiente paratión para que les afecte.

El malatión, otro de los fosfatos orgánicos, es casi tan familiar al público como el DDT, al ser ampliamente usado por los jardineros, como insecticida casero, en pulverizaciones contra mosquitos y en ataques generalizados contra insectos, como la rociadura de cerca de 400.000 hectáreas de comunidades de Florida para combatir la mosca mediterránea de la fruta.[5] Se considera el menos tóxico de este grupo de sustancias químicas y mucha gente cree que pueden usarlo copiosamente y sin temor al peligro. Los anuncios comerciales les animan a esta cómoda actitud.

La pretendida «seguridad» del malatión se basa en cimientos más bien precarios, aunque (como sucede con frecuencia) esto no se descubrió hasta que esta sustancia química llevaba varios años en uso. El malatión es «seguro» sólo porque el hígado de los mamíferos, un órgano con capacidades protectoras extraordinarias, lo hace relativamente inocuo. La desintoxicación la realiza uno de los enzimas del hígado. Si, no obstante, algo destruye este enzima o se interfiere en su acción, la persona expuesta al malatión recibe de lleno la fuerza del veneno.

Desgraciadamente para todos nosotros, son legión las oportunidades para que suceda algo así. Hace unos cuantos años, un grupo de científicos de la

[5] *Ceratitis capitata*. (*N. del t.*)

Agencia para los Alimentos y Medicamentos descubrió que cuando el malatión y otros determinados fosfatos orgánicos son administrados simultáneamente, el resultado es un envenenamiento masivo, alrededor de 50 veces más grave que lo que hubiera podido pronosticarse si se hubiese sumado la toxicidad de los dos productos. En otras palabras: 1/100 de la dosis letal de cada compuesto puede ser fatal cuando se combinan ambos.

Este descubrimiento condujo a investigar otras combinaciones. Ahora se sabe que muchos pares de insecticidas de fosfatos orgánicos son muy peligrosos, pues su toxicidad se agudiza o es «potenciada» por esa acción combinada. La potenciación parece que se efectúa cuando un compuesto destruye el enzima del hígado responsable de detoxificar al otro. Aunque no es necesario que los dos sean administrados simultáneamente. El peligro no sólo existe para la persona que esta semana puede pulverizar un insecticida y la próxima otro; existe también para el consumidor de productos pulverizados. La lechuga corriente puede presentar fácilmente una combinación de insecticidas de fosfatos orgánicos. Residuos que se hallen dentro de los límites legalmente permisibles pueden interactuar.

El alcance total de la peligrosa interacción de sustancias químicas es sin embargo poco conocida aún, pero de los laboratorios científicos llegan regularmente hallazgos preocupantes. Entre ellos está el descubrimiento de que la toxicidad de un fosfato orgánico puede incrementarse por medio de un segundo agente que no sea necesariamente insecticida. Por ejemplo, uno de los agentes plastificantes es capaz de actuar más intensamente incluso que otro insecticida y convertir el malatión en más peligroso. Nuevamente, esto es porque inhibe el enzima del hígado que normalmente «sacaría los dientes» al insecticida venenoso.

¿Qué decir de otras sustancias químicas que se encuentran en el ambiente humano normal? ¿Qué, en particular, de los medicamentos? Se ha hecho un tímido comienzo al respecto, pero ya se sabe que algunos fosfatos orgánicos (paratión y malatión) aumentan la toxicidad de algunos medicamentos usados como relajantes musculares, y que muchos otros (incluyendo otra vez al malatión) incrementan el tiempo de sueño provocado por los barbituratos.

En la mitología griega, la hechicera Medea, encolerizada por verse suplantada por una rival en el afecto de su marido Jasón, obsequió a la nueva novia con

una túnica que poseía propiedades mágicas. El que se la pusiera sufría en el acto una muerte violenta. Esta muerte mediante falsedad encuentra ahora su contrapartida en lo que se conoce como «insecticidas sistémicos». Se trata de sustancias químicas con propiedades extraordinarias, que se emplean para revestir plantas y animales de una especie de túnica de Medea, que los hace realmente venenosos. Esto se hace con el propósito de matar a los insectos que puedan ponerse en contacto con ellos, especialmente succionándoles los jugos o la sangre.

Los insecticidas sistémicos constituyen un mundo misterioso que sobrepasa los imaginados por los hermanos Grimm... y que quizá está más próximo al mundo de tiras cómicas de Charles Addams.[6] Es un mundo en el que el bosque encantado de los cuentos de hadas se ha convertido en el bosque ponzoñoso en el que un insecto que muerda una hoja o succione la savia de una planta está condenado. Es el mundo en el que una pulga muerde a un perro y muere porque se ha hecho que la sangre del perro se torne venenosa; en el que un insecto puede morir por los vapores que emanan de una planta que no ha tocado; en el que una abeja puede llevar néctar ponzoñoso a su colmena y de inmediato fabricar miel venenosa.

El sueño de los entomólogos del insecticida incorporado nació cuando los trabajadores del campo de la entomología aplicada se dieron cuenta de que podían obtener pistas de la propia naturaleza: encontraron que el trigo que nacía en terreno que contuviera selenato sódico era inmune al ataque de pulgones y ácaros. El selenio, un elemento que se presenta en estado natural y se encuentra moderadamente en rocas y suelos en muchas partes del mundo, se convirtió así en el primer insecticida sistémico.

Lo que hace que un insecticida sea sistémico es su capacidad para penetrar en todos los tejidos de una planta o un animal y convertirlos en tóxicos. Esta cualidad la poseen algunas sustancias químicas del grupo de los hidrocarburos clorados y otras del grupo organofosforado, todas producidas sintéticamente, así como ciertas sustancias que se presentan en estado natural.

En la práctica, sin embargo, la mayor parte de sistémicos se obtienen del grupo organofosforado, porque el problema de los residuos es algo menos agudo.

[6] Caricaturista de humor negro, creador de las viñetas de la Familia Addams, llevada al cine en varias ocasiones. (*N. del t.*)

Los sistémicos actúan de otras diversas formas tortuosas. Aplicados a las semillas, ya sea empapándolas o en un revestimiento combinado con carbono, extienden sus efectos a la siguiente generación de plantas y producen plantones venenosos para pulgones y otros insectos chupadores. Hortalizas tales como alubias, guisantes y remolachas azucareras se suelen proteger de este modo. Ya hace un cierto tiempo que en California se usan semillas de algodón revestidas con un insecticida sistémico; allí, 25 trabajadores agrícolas que cultivaban algodón en el valle de San Joaquín en 1959 resultaron aquejados de una enfermedad repentina, causada por haber manipulado las bolsas de semillas tratadas.

En Inglaterra, alguien se preguntó qué ocurría cuando las abejas liban néctar de plantas tratadas con insecticidas sistémicos. Esto se investigó en áreas tratadas con un producto químico llamado escradán. Aunque las plantas habían sido pulverizadas antes de que brotaran las flores, el néctar producido posteriormente contenía el veneno. El resultado, como cabía prever, fue que la miel producida por las abejas estaba también contaminada con escradán.

El uso de sistémicos para animales se ha concentrado primordialmente en el control de la queresa o barro del ganado vacuno, una larva parásita que lo daña.[7] Debe emplearse un cuidado extremo para crear un efecto insecticida en la sangre y los tejidos del patrón sin producir un envenenamiento fatal. El equilibrio es delicado, y los veterinarios del gobierno han descubierto que pequeñas dosis repetidas pueden agotar gradualmente la provisión que un animal posee del enzima protector colinesterasa, de modo que, sin previo aviso, una ínfima dosis adicional causará la intoxicación.

Hay claros indicios de que se están abriendo campos más próximos a nuestra vida cotidiana. Ahora, el lector puede dar a su perro una píldora que, se asegura, le dejará libre de pulgas al hacer que su sangre se torne venenosa para esos insectos. Los peligros descubiertos en el tratamiento del ganado podrán, probablemente, ser de aplicación a los perros. Hasta ahora, nadie ha propuesto un sistémico humano que nos haga letales para los mosquitos. Quizá sea éste el próximo paso.

[7] De los dípteros *Hypoderma spp.* (*N. del t.*)

Hasta ahora, en el presente capítulo hemos estado hablando de las sustancias químicas mortíferas empleadas en nuestra guerra contra los insectos. ¿Qué hay acerca de nuestra guerra simultánea contra las malas hierbas?

El deseo de hallar un método rápido y fácil de destruir las plantas indeseables ha dado lugar a una serie grande y creciente de productos conocidos como herbicidas o, menos formalmente, como matamalezas. La historia de cómo son usados y mal empleados esos productos se explicará en el capítulo 6; la cuestión que nos preocupa ahora es si los herbicidas son venenosos y si su empleo contribuye al envenenamiento del ambiente.

La leyenda de que los herbicidas sólo son tóxicos para las plantas y que, por lo tanto, su uso no amenaza la vida animal, está muy extendida, pero, desgraciadamente, no es cierta. Los herbicidas incluyen una larga variedad de sustancias químicas que actúan tanto en los tejidos animales como en la vegetación. Varían mucho en su acción sobre el organismo. Algunos son venenos generales, otros son poderosos estimulantes del metabolismo que causan una elevación fatal en la temperatura corporal; otros producen tumores malignos, bien solos, bien en compañía de otras sustancias químicas; otros atacan al material genético de la raza, pues causan mutaciones génicas. Así pues, los herbicidas, como los insecticidas, incluyen en su composición algunas sustancias químicas muy peligrosas, y su uso sin precauciones, en la creencia de que son «seguros», puede tener resultados desastrosos.

A pesar de la competencia de un torrente constante de nuevas sustancias químicas que surgen de los laboratorios, los compuestos de arsénico siguen usándose abundantemente, tanto en calidad de insecticidas (como se indicó anteriormente), cuanto en forma de herbicidas, donde generalmente toman la forma de arsenito sódico. La historia de su uso no es tranquilizadora. Como pulverizaciones en los bordes y cunetas de carreteras han costado a más de un granjero su vaca, y han matado un sinfín de animales salvajes. Como herbicidas contra plantas acuáticas de lagos y pantanos han convertido las aguas públicas en inadecuadas para beber e incluso para nadar. Como rociaduras aplicadas a campos de patatas a fin de destruir las enredaderas, han diezmado vidas humanas y no humanas.

En Inglaterra, esta última práctica se desarrolló hacia 1951, como resultado de una carestía de ácido sulfúrico, que anteriormente se usaba para quemar

las enredaderas de las patatas. El Ministerio de Agricultura consideró necesario advertir de lo peligroso que era ir por los campos pulverizados con herbicidas arsenicales, pero la advertencia no fue comprendida por el ganado vacuno (ni, hemos de suponer, por los animales salvajes) y los informes de vacas envenenadas por las rociaduras de arsénico llegaron con monótona regularidad. Cuando la muerte alcanzó también a la esposa de un granjero a través de agua contaminada por ese veneno, una de las compañías químicas inglesas más importantes (en 1959) suspendió la fabricación de pulverizaciones arsenicales y reclamó los suministros que se hallaban ya en poder de los comerciantes. Poco después, el Ministerio de Agricultura anunció que, a causa de los grandes riesgos para las personas y el ganado, se impondrían restricciones en el uso de arsenitos. En 1961, el Gobierno de Australia anunciaba una prohibición semejante. Sin embargo, ninguna de tales restricciones impide el empleo de dichos venenos en los Estados Unidos. También se usan como herbicidas algunos compuestos «dinitro». Éstos se hallan entre los materiales más peligrosos de ese tipo en uso en los Estados Unidos. El dinitrofenol es un fuerte estimulante metabólico. Por esta razón fue usado tiempo atrás como medicamento adelgazante, pero el margen de separación entre las dosis para adelgazar y las que se requieren para envenenar o matar era insignificante... tan insignificante que muchos pacientes murieron y otros muchos sufrieron lesiones permanentes antes de que el uso del medicamento fuera finalmente prohibido.

Una sustancia química emparentada con aquél, el pentaclorofenol, conocido a veces como «penta», se usa a la vez como herbicida y como insecticida, y suele pulverizarse a lo largo de las vías del ferrocarril y en eriales. El penta es extremadamente tóxico para una amplia variedad de organismos, desde las bacterias hasta el hombre. Como los dinitros, se interfiere, a veces fatalmente, en la fuente de energía del cuerpo, de modo que el organismo afectado se quema, casi literalmente. Su temible poder quedó demostrado en un fatal accidente del que informó recientemente el Departamento de Sanidad de California. El conductor de un camión cisterna estaba preparando un defoliante de algodón mezclando gasóleo con pentaclorofenol. Mientras extraía el producto químico concentrado de un bidón, la espita, casualmente, se desprendió. El hombre la recogió con su mano desnuda para volver a colocarla. Aunque se lavó de inmediato, enfermó gravemente y murió al día siguiente.

Mientras los resultados de los herbicidas tales como el arsenito de sodio o los fenoles son muy evidentes, algunos otros herbicidas son más insidiosos en sus efectos. Por ejemplo, el ahora famoso herbicida del arándano, el aminotriazol o amitrol, está clasificado como de toxicidad relativamente baja. Pero a la larga, su tendencia a causar tumores malignos en la glándula tiroides puede ser bastante más importante para la fauna salvaje y quizá también para el hombre.

Entre los herbicidas hay algunos clasificados como «mutágenos», o agentes capaces de modificar los genes, esto es, los elementos de la herencia. Nos impresionan, y con razón, los efectos genéticos de la radiación; ¿por qué, entonces, podemos quedar indiferentes ante el mismo efecto causado por los productos químicos que diseminamos extensamente en nuestro entorno?